

Univerzita Karlova
Pedagogická fakulta
Katedra psychologie

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Strategie užívané při řešení úloh měřících pracovní paměť

Strategies used to solve working memory tasks

Krystsina Afanasyeva

Vedoucí práce: PhDr. Anna Páchová, Ph.D.

Studijní program: Psychologie

Studijní obor: Psychologie a speciální pedagogika

2018

Odevzdáním této bakalářské práce na téma Strategie užívané při řešení úloh měřících pracovní paměť potvrzuji, že jsem ji vypracovala pod vedením vedoucího práce samostatně za použití v práci uvedených pramenů a literatury. Dále potvrzuji, že tato práce nebyla využita k získání jiného nebo stejného titulu.

V Praze 13.07.2018

Poděkování

Na tomto místě bych ráda především poděkovala vedoucí své bakalářské práce, PhDr. Anně Páchové, Ph.D., za trpělivé vedení a odborné rady.

ABSTRAKT

Trénink pracovní paměti je poměrně populární téma, avšak procesy, které se dějí během řešení paměťových úloh, jsou popsány velmi málo. Tématem této bakalářské práce je proto zmapovat strategie, používané při řešení úloh typu n-back, a zjistit vliv modalit a abstrakce podnětového materiálu na výkon a volbu paměťových strategií.

Pro tyto účely byl použit tréninkový program NBack Campaign. Do výzkumu bylo zařazeno 23 dětí ve věku 12 až 14 let, jelikož tato věková kategorie je velmi málo prozkoumána. Respondentům byly prezentovány úlohy vizuální a auditivní modalit a různé míry abstrakce. Následně byly s vybranými respondenty provedeny polostrukturované rozhovory pro zjištění jejich paměťových strategií.

Statistická analýza prokázala vliv modalit podnětového materiálu na výkon. Vliv abstrakce na výkon byl prokázán pouze u úkolů s vizuálním podnětovým materiálem. Dále byly zjištěny strategie, které odpovídaly určitému typu modalit a míře abstrakce podnětového materiálu.

KLÍČOVÁ SLOVA

N-back, strategie, modalita, abstrakce, trénink pracovní paměti.

ABSTRACT

Working memory training is a very popular subject in nowadays literature, but processes that underlie the process of task solving have not been researched much. The aim of this work is to find strategies that are used when solving n-back tasks and to find out the influence of modality and level of abstraction on the performance and choice of strategies.

For these purposes, the training program NBack Campaign was chosen. 23 children from 12 to 14 years old participated in this study, because children of this age had not been researched much. The participants were presented with visual and auditory tasks with different levels of abstraction. Semistructured interviews were conducted with some of the participants.

Statistical analysis showed the modality effect on performance. The effect of the level of abstraction on performance was shown only in visual tasks. Furthermore, the strategies that corresponded with modality and level of abstraction were identified.

KEYWORDS

N-back, strategies, modality, abstraction, working memory training

Obsah

Úvod.....	8
1 Teoretická východiska	9
1.1 Koncept pracovní paměti	9
1.1.1 Multikomponentový model pracovní paměti.....	10
1.1.2 Kapacita pracovní paměti	11
1.1.3 Pracovní paměť v adolescenci	13
1.2 N-back úlohy	14
1.2.1 Trénink pracovní paměti pomocí N-back úloh a dalších programů	14
1.3 Paměťové strategie.....	16
1.3.1 Paměťové strategie a specifika auditivního podnětového materiálu	17
1.3.2 Paměťové strategie a specifika vizuálního podnětového materiálu.....	17
1.4 Shrnutí teoretických východisek	19
2 Výzkumné problémy a hypotézy	21
3 Metody	23
3.1 Tréninkový program N-back campaign	24
3.1.1 Popis n-back úkolů.....	24
3.1.2 Popis programu N-back campaign.....	24
3.1.3 Popis podnětového materiálu z hlediska modality	25
3.1.4 Popis podnětového materiálu z hlediska abstrakce.....	25
3.1.5 Testování.....	26
3.1.6 Sběr dat	26
3.1.7 Dotazník.....	26
3.1.8 Rozhovor.....	27
3.2 Zpracování dat.....	27
3.2.1 Statistické zpracování	27
3.2.2 Výpočet skóre z programu N-back Campaign	27

3.2.3	Analýza rozhovoru.....	28
3.3	Výzkumný vzorek	28
4	Výsledky kvantitativní analýzy	30
4.1	Vliv modality na výkon.....	30
4.2	Vliv abstrakce na výkon.....	32
4.2.1	Vliv abstrakce na výkon u úkolů s vizuálním podnětovým materiálem.....	32
4.2.2	Vliv abstrakce na výkon u úkolů s auditivním podnětovým materiálem	32
4.3	Shrnutí výsledků kvantitativní analýzy	34
5	Výsledky kvalitativní analýzy	35
5.1	Strategie vybavování	35
5.1.1	Předjímání	35
5.1.2	Intuice	36
5.2	Strategie kódování.....	38
5.2.1	Auditivní	38
5.2.2	Vizuální.....	39
5.2.3	Pojmenování	41
5.2.4	Asociace.....	42
5.3	Shrnutí výsledků kvalitativní analýzy	43
6	Diskuze	45
6.1	Vliv modality na výkon v úlohách n-back	45
6.2	Vliv abstrakce na výkon v úlohách n-back	46
6.3	Možnosti uplatnění strategií v oblasti tréninku pracovní paměti	47
	Závěr	48
	Seznam použitých informačních zdrojů	50
	Seznam příloh	55
	Příloha 1 – Ukázka dat z programu NBack Campaign	55
	Příloha 2 – Ukázka z rozhovorů	55

Úvod

Tato bakalářská práce pokračuje ve výzkumech, již provedených na Pedagogické fakultě Univerzity Karlovy, které se zaměřují na studium pracovní paměti v rámci jejího kognitivního tréninku pomocí programu NBack Campaign, vytvořeného Annou Páchovou. Předchozí výzkumy se zaměřovaly hlavně na oblast tréninku a tréninkových efektů. Tématem této práce je snaha o bližší pochopení práce respondentů s podnětovým materiálem a zmapování jejich strategií při plnění paměťových úloh.

V teoretické části se zaměříme na koncept pracovní paměti obecně, budou popsány její významné modely a rozdělení. Bude naznačeno současné chápání kapacity pracovní paměti v zahraniční literatuře. Dále bude zohledněn vývoj pracovní paměti v období adolescence, jelikož se výzkumná část bude věnovat této věkové kategorii.

V současné době je velmi málo výzkumů, zabývajících se strategiemi, které jedinci využívají při řešení paměťových úloh různého podnětového materiálu. Pokusíme se shrnout poznatky z těchto odborných publikací a vztáhnout naše výsledky k již existující literatuře.

V empirické části práce budou sledovány výkony respondentů v paměťových úlohách v závislosti na charakteru podnětového materiálu, a strategie, které respondenti uplatňují pro vyřešení úloh s rozdílným podnětovým materiálem. Pro tyto účely je zvolen smíšený design výzkumu. Kvantitativní část poskytne informaci o skórech respondentů, zatímco kvalitativní část přiblíží porozumění procesu kódování, udržování a vybavování podnětového materiálu během řešení úloh.

1 Teoretická východiska

1.1 Koncept pracovní paměti

V rámci této kapitoly bude stručně pojednáno o pracovní paměti se zaměřením na její model, kapacitu, vývojová specifika v rámci adolescence a nakonec na její trénink. Považujeme to za vhodné, jelikož v empirické části pracujeme s úlohy N-back, které zatěžují hlavně pracovní paměť.

Postle (2006) odkazuje k pracovní paměti (*working memory*) jako k systému, který udržuje informaci ve vědomí, manipuluje s ní, a využívá tuto informaci pro řízené chování. Podle Wingfielda (2016) tato definice zahrnuje klíčové elementy většiny definic pracovní paměti, proto v rámci této práce bude na pracovní paměť nahlíženo stejným způsobem.

V literatuře se můžeme setkat se splýváním pojmů pracovní paměť a krátkodobá paměť (*short-term memory*) (např. Koukolík, 2012). Pro odlišení je nutné pak stručně shrnout pojem krátkodobá paměť a pojmy s tím související.

Krátkodobá paměť je součástí tzv. modelu paměťových skladů (*multi-store approach*) (Eysenck, 2008). V jiné literatuře se můžeme také setkat s označením *modal model*. Tento, v dnešní době již klasický model byl popsán různými autory, z nichž nejslavnějšími jsou Atkinson a Shiffrin. V rámci tohoto modelu byly navrženy následující paměťové složky: senzorická paměť (*sensory memory*), krátkodobá paměť (*short-term memory or short-term store*), dlouhodobá paměť (*long-term memory or long-term store*). Senzorická paměť filtruje informace z okolí, uchovává ji po ultrakrátkou dobu a v případě důležitosti podnětů ji přesouvá do krátkodobé paměti. Dělí se na echoickou složku (pro zpracování auditivních podnětů), a ikonickou složku (pro zpracování vizuálních podnětů). Dále se v krátkodobé paměti informace zpracovává, a její relevantní část se následně přesouvá do dlouhodobé paměti. Je předpokládáno, že krátkodobá paměť, oproti dlouhodobé, má omezenou kapacitu.

Cowan (2007) uvádí, že nejasnosti v konceptech pracovní a krátkodobé paměti jsou způsobeny ve velké míře různorodostí definic těchto pojmů. Poprvé termín pracovní paměť použil G. Miller v roce 1960, avšak nebyl jasně vymezen. Pozornost ke studiu pracovní paměti upoutali hlavně Alan Baddeley a Graham Hitch, kteří v roce 1974 navrhli multikomponentový model, v dnešní době jeden z nejznámějších a nejcitovanějších konceptů pracovní paměti. Podle Baddeleyho a Hitche (1974) je pracovní paměť systém

s omezenou kapacitou, který uchovává informaci a manipuluje s ní, v závislosti na současné situaci v okolí, zatímco krátkodobá paměť se vztahuje pouze k pasivnímu udržování informace (Atkinson, Shiffrin, 1968). Pracovní paměť potřebuje navíc zapojit dodatečné procesy pozornosti k manipulacím, obnovování a odstranění informace (Baddley, 2007).

Dále bude podrobněji popsán pouze jeden vybraný model pracovní paměti, a to z toho důvodu, že z něj vychází obrovské množství výzkumů v rámci zkoumání různých stránek pracovní paměti. V rámci empirické části této práce bude na pracovní paměť také nahlíženo skrze daný model.

1.1.1 Multikomponentový model pracovní paměti

Model Baddleyho a Hitche odmítá pojetí unitární krátkodobé paměti podle modelu paměťových skladů a nahrazuje ho tříložkovým modelem. Původně zahrnoval tři subsystémy: centrální výkonnostní složku (*central executive system*), fonologickou smyčku (*phonological loop*), vizuoprostorový náčrtník (*visuospatial sketch pad*). Tyto tři systémy jsou limitovány kapacitně, ale povaha těchto limitů se různí (Baddley, 2007). Později Baddeley revidoval svůj původní model a přidal další subsystém, epizodický buffer (*episodic buffer*) (Baddeley, 2000).

Podle Baddleyho (2007) je *fonologická smyčka* schopna udržovat verbální a neverbální akustickou informaci v jakémsi dočasném úložišti. Obsahuje dvě složky: pasivní fonologický sklad, který ukládá paměťové stopy po dobu několika vteřin, a artikulační proces, který je spojen s řečovou produkcí (Eysenck, 2008). Informace musejí být opakovány hlasně nebo nehlasně, jinak se ztrácejí během dvou až tří vteřin. Fonologická smyčka, která souvisí s aktivací levostranné kůry, se sestává ze sluchové a zrakové složky (Koukolík, 2012). Je podstatné, že vizuálně prezentovaná písmena jsou při zapamatování převáděna do akustického kódu pomocí subvokalizace (Conrad, Hull in Baddeley, 2007).

Vizuoprostorový náčrtník pracuje s vizuální a prostorovou informací. Baddeley (2007) uvádí, že vizuální informace o podnětech (např. tvar) a prostorová informace (např. umístění) jsou autonomní. Toto potvrzují i neuropsychologické studie: zrakové a prostorové informace se zpracovávají odlišně. Náčrtník souvisí s aktivací zrakové kůry týlních laloků, kůry temenních i čelních laloků (Koukolík, 2012). Kapacita náčrtníku se uvádí v rozmezí 3 až 4 předmětů (Baddeley, 2003).

Centrální výkonnostní složka souvisí s aktivací prefrontální kůry, která se podílí na integraci zrakových, sluchových a senzomotorických podnětů (Koukolík, 2012). Činnost této složky pracovní paměti spočívá v řízení pozornosti, distribuci pozornosti mezi současně vyplňovanými úkoly, zachycení a zaměření se na důležité podněty; přispívá k integraci pracovní a dlouhodobé paměti (Wongupparaja, Kumariab, Morrisa, 2015). Centrální výkonnostní složka nemá funkci uchovávání informací, funguje spíše na principu řídicího pozornostního systému (Lu et al., 2008).

Epizodický buffer se aktivizuje, kdy informace, podávaná v různých modalitách podnětového materiálu, musí být zpracována a uložena jako jednotná informace, např. při zapamatování prostorového umístění písmen na počítačové klávesnici, nebo zapamatování jména (verbální povaha podnětu) nového kolegy (vzhled kolegy – vizuální povaha podnětu) (Kofler et al., 2017). Neuropsychologické studie prokazují, že činnost epizodického bufferu je spojena s aktivací pravostranné frontální/prefrontální a temporoparietální kůry (Prabhakaran et al., 2010; Zhang et al., 2004 in Kofler et al., 2017).

1.1.2 Kapacita pracovní paměti

Názory na problematiku kapacity pracovní paměti můžeme shrnout do tří teoretických odvětví: kapacita pracovní paměti jako řídicí pozornost (*executive attention*), kapacita pracovní paměti jako primární a sekundární paměť (*primary and secondary memory*) a kapacita pracovní paměti jako systém vazeb (*binding hypothesis*).

Engle (2002), zastánce prvního paradigmatu, předpokládal, že kapacita pracovní paměti není objem informace, který pracovní paměť může udržet, ale spíše kapacita pro kontrolovanou, udržovanou pozornost a schopnost inhibice rušivých informací. Oberauer et al. (2017) charakterizují pracovní paměť ne jako samostatný paměťový systém, ale jako systém pro pozornost. Ve svých výzkumech dospěli k závěru, že kapacita pracovní paměti odpovídá schopnosti udržování několika informací a zajištění přístupu k těmto informacím (Oberauer, 2005). Unsworth et al. (2010) ve svých výzkumech získali pozitivní korelaci mezi inhibicí pozornosti a kapacitou pracovní paměti.

Na kapacitu pracovní paměti je také nahlíženo jako na kombinaci *primární paměti* (systém pro aktivní udržování informací), a *sekundární paměti* (systém pro uložení informací) (Unsworth, Engle, 2007). Toto názvosloví autoři převzali od W. Jamese (jeho primární a sekundární paměť byla ekvivalentní krátkodobé a dlouhodobé paměti), ale vkládají do těchto pojetí poněkud jiný význam. Primární paměť má omezenou kapacitu 3 až

5 složek, funkcí toho systému je: (1) ochraňovat významné informace od proaktivní interference, (2) formovat nové spoje mezi různými informačními jednotkami (Cowan, 2001 in Shipstead et al., 2014). Sekundární paměť je jakýmsi úložištěm pro kontextuálně relevantní informaci, která není v daný okamžik udržována v primární paměti. Pravděpodobnost úspěchu ve vyhledávání potřebných informací v sekundární paměti záleží do velké míry na vytvoření podstatných klíčových charakteristik, které by ulehčily vyvolání informace zpět do primární paměti, např. jisté časové období, asociace (Shipstead, et al., 2014). Výzkum Shipsteada et al. (2014) potvrzuje domněnku, že primární a sekundární paměť je podstatnou komponentou kapacity pracovní paměti. Výzkum Unswortha et al. (2009) potvrzuje korelaci mezi fluidní inteligencí a kapacitou pracovní paměti, kterou považuje za kombinaci primární a sekundární paměti.

Wilhelm, Hildebrandt a Oberauer (2013) pracují se třetím paradigmatem, kde je na pracovní paměť nahlíženo jako na systém vazeb, proto uvádějí kapacitu pracovní paměti jako systém pro vytvoření, udržování a obnovování libovolných spojení. Tímto je pracovní paměť klíčová pro usuzování, jelikož usuzování je založeno na vytvoření a manipulaci s nově vznikajícími mentálními reprezentacemi. Z interference vazeb mezi sebou plyne limitovaná kapacita pracovní paměti, v důsledku čeho se následně snižuje schopnost usuzování.

Kapacita pracovní paměti je limitovaná, považuje se za poměrně stálou individuální charakteristiku, s ohledem na její variabilitu v důsledku vývojových změn jedince (Gruszka, Necka, 2017). Kapacita je také do jisté míry ovlivňována situačně, např. fyziologickými faktory jako je spánková deprivace apod.

Obecně se kapacita pracovní paměti považuje klíčovým faktorem, který předurčuje a ovlivňuje výkon kognitivních procesů, např. pozornostní kontrolu, fluidní inteligenci, schopnost zaměřovat se na relevantní podněty, potlačovat irrelevantní podněty apod. Nicméně, toto téma je v dnešní době velice kontroverzní, a některé výzkumy tyto předpoklady vyvracejí. Kupříkladu Chein a Morrison (2010) ve svém výzkumu neprokázali vliv tréninku kapacity pracovní paměti na fluidní inteligenci.

Prokazování tréninkového efektu (vliv trénování na další úlohy, které nebyly předmětem samotného trénování) je většinou problematické, kognitivní literatura se proto víc zaměřuje na studie o zlepšování výkonu v samotných trénovaných úlohách, než na

transfer vyššího výkonu z trénovaných úloh na netrénované (Schwarb, Nail, Schumacher, 2016).

V další kapitole bude podrobněji popsán trénink pracovní paměti se zaměřením na n-back úlohy.

1.1.3 Pracovní paměť v adolescenci

V této části kapitoly budou stručně shrnuty poznámky o specifikách pracovní paměti v období adolescence. Na toto období se zaměříme z toho důvodu, že výzkumný vzorek naší empirické části tvoří respondenty s průměrným věkem 13,6 let.

V průběhu adolescence vedle změn v emocionální rovině (objevuje se vyhledávání nových zážitků, vyhledávání risku; jsou častější konflikty s rodiči; zvyšuje se emoční labilita apod.) dochází ke kognitivním změnám. Kognitivní změny zahrnují vývoj pracovní paměti, abstraktního uvažování, rozhodování, plánování; zvyšuje se adaptace na stresové situace; narůstá fluidní inteligence (Malagoli, Usai, 2018).

Neuropsychologická studia prokazují, že se v průběhu adolescence pracovní paměť stále vyvíjí. Je to spojeno se stále vyvíjející se frontální a parietální kůrou, jejichž aktivita se podílí na fungování pracovní paměti. Dochází ke zrychlení zpracování informací, zlepšení výkonu v kognitivních úlohách. V adolescenci se také zvyšuje přesnost v odpovědích a snižuje se reakční doba. Andre et al. (2015) poukazují na zesílení mozkové aktivity s věkem v oblastech, které jsou klíčové pro pracovní paměť. Mozková aktivita je již lateralizovaná a hodně koreluje s aktivitou u dospělých: v případě prezentování verbálního podnětového materiálu více reaguje levá hemisféra, zejména frontální a parietální kůra; v případě prezentování vizuoprostorového podnětového materiálu je více aktivní pravá hemisféra, zejména frontální a temporální kůra (Andre, Picchioni, Zhang, & Touloupoulou, 2015).

Podle výzkumu Schleepen a Jonkman (2010) dítě ve věku 12 let dosahuje dospělé úrovně při vyplňování jednoduchých úloh typu n-back s úrovní $n=1$. Vysvětluje se to tím, že úlohy takového typu vyžadují pouze udržování informace, nejde ale o průběžnou kontrolu rušivých stimulů. Naopak v úlohách n-back s úrovní $n=2$ a dál děti ve věku 13 let nedosahovaly stejného výkonu jako dospělí, protože tyto úlohy vyžadovaly větší zapojení exekutivní kontroly a větší míru kontroly pozornosti. Tyto výsledky se ale vztahují pouze k verbálnímu podnětovému materiálu a nemohou být generalizovány na vizuálně-prostorový

podnětový materiál. Vývojem vizuální pracovní paměti u adolescentů se zabýval výzkum Eisbell et al. (2015), kteří zjistili, že děti nedosahují dospělé úrovně vizuální pracovní paměti ani ve věku 13, ani 16 let.

1.2 N-back úlohy

N-back úlohy jsou používány pro testování kapacity pracovní paměti, kognitivní trénink a zjištění neurálních korelátů procesů pracovní paměti.

Typický design N-back úlohy je následující: jedinec musí sledovat sekvenci podnětů na monitoru a reagovat pokaždé, kdy podnět, který je prezentován v daný okamžik, odpovídá podnětu, který byl prezentován o N kroků zpátky (N může nabývat hodnot 1, 2, 3 a tak dále). Podněty mohou být různé modalit, nejčastěji vizuální nebo auditivní. Existuje také verze duální n-back úlohy, ve které respondent musí sledovat dva podněty různých modalit najednou. Vyřešení těchto úloh vyžaduje manipulaci a aktualizaci informací v pracovní paměti.

Podle výsledků meta-analýzy provedené Owenem et al. (2005) bylo identifikováno šest oblastí mozku, které byly aktivovány ve všech výzkumech, spojených s N-back úlohami: (1) bilaterální a mediální posteriorní parietální kůra (BA7, 40), (2) bilaterální premotorická kůra (BA6, 8), (3) dorzální cingulární premotorická kůra (BA32, 6), (4) frontopolární kůra (BA10), (5) bilaterální dorzolaterální prefrontální kůra (BA9, 46), (6) bilaterální ventrolaterální prefrontální kůra (BA45, 47).

1.2.1 Trénink pracovní paměti pomocí N-back úloh a dalších programů

I přesto, že kognitivní trénink není cílem této práce, N-back úlohy jsou používány zejména pro kognitivní trénink pracovní paměti, a to jak zdravé populace, tak populace s kognitivními deficity, proto budou v této podkapitole stručně zohledněny obecné přístupy k tréninku pracovní paměti a jiné programy, využívané pro trénování.

Morrison a Chein (2010) rozděluje oblast kognitivního tréninku na dva základní přístupy: (1) trénink strategií (*strategy training*) a (2) obecný trénink (*core training*). Trénink strategií se zaměřuje na nácvik přístupů, které pomůžou respondentům zapamatovat si co nejvíce podnětového materiálu určité modalit. Zahrnuje naučení efektivních přístupů ke kódování, udržování a vyhledávání v pracovní paměti (Morrison, Chein, 2010). Po tréninku takového typu se zlepšení ve výkonu respondentů ve většině případů omezuje pouze na oblast blízkého transferu (zlepšení při práci s podobným podnětovým materiálem), a

výsledky nelze generalizovat na oblast vzdáleného transferu. Avšak lze najít několik výzkumů, které prokázaly přínos využití efektivních strategií nejenom v trénovaných úlohách, ale i v každodenní pracovní paměti (Cavallini et al., 2003 in Morrison, Chein, 2010). Lze zmínit také úspěch v trénování strategií u populace s kognitivním oslabením a kognitivními deficity, např. u starších jedinců, u dětí s Downovým syndromem a fetálním alkoholovým syndromem (Conners et al., 2008; Loomes et al., 2008; Carretti et al., 2007 in Morrison, Chein, 2010).

Oproti tomu, obecný trénink zahrnuje úlohy s multimodálními podněty, které zároveň vyžadují průběžnou eliminaci interferencí, zatěžují pracovní paměť ve větší míře, a úroveň úlohy se může přizpůsobovat výkonům respondenta. Podle Olsona a Jianga (2004), zejména tyto charakteristiky jsou klíčové pro vznik vzdáleného transferu. Typickými úlohy pro obecný trénink jsou úlohy postupného zpracování a aktualizace pracovní paměti. Využití daného typu tréninku lze uplatnit u populace s ADHD a schizofrenií, u nichž pozorujeme zlepšení v každodenním životě a zmírnění symptomů (Klingberg et al., 2005; Wykes et al., 1999 in Morrison, Chein, 2010).

Zájem o trénink pracovní paměti se dá vysvětlit tím, že pracovní paměť hraje klíčovou úlohu ve většině kognitivních schopností, např. v usuzování a matematických dovednostech, a je v blízkém vztahu k inteligenci. Proto je od tréninku očekáváno nejen zlepšení samotné pracovní paměti, ale i vedlejších kognitivních procesů, jako je pozornost, rychlost zpracování informací, percepční procesy. V tomto případě mluvíme o již zmíněném efektu transferu. Blízký transfer (*near transfer*) se vyznačuje zlepšením výkonu respondentů v úlohách stejného nebo podobného charakteru, které avšak nebyly součástí samotného tréninku. Na rozdíl od toho, vzdálený transfer (*far transfer*) označuje zlepšení ve vzdálených kognitivních procesech, které korelují s pracovní pamětí.

Účinnost kognitivního tréninku se snaží prokázat obrovské množství výzkumů a velmi často se objevují poněkud protikladné výsledky. Statisticky významný vliv tréninku pracovní paměti na inteligenci potvrdila metaanalýza 20 studií (Au et al., 2015). Jiná metaanalýza Melby-Lervag et al. (2015) neprokázala statisticky významný vliv tréninku na fluidní inteligenci. Seidler et al. (2010) tvrdí, že v důsledku trénování bylo prokázáno zlepšení ve výkonu v duálních n-back úlohách, spolu se zlepšením v operation span úlohách (a tímto potvrdil blízký transfer), ale nebyl zjištěn žádný vliv na obecnou inteligenci, která byla měřena Ravenovými maticemi a Bochumským maticovým testem. Další výzkumníci

uvádí podobné výsledky, které neprokazují tréninkový transfer na inteligenci anebo usuzování (Chein, Morrison, 2010; Li et al., 2008, Lindelov et al., 2016). K podobnému závěru dospěl i Etherton s kolegy (2018), který prováděl kognitivní trénink pomocí softwarového programu Cogmed. Respondenti byli rozděleni do tří tréninkových skupin. První skupina podstoupila kompletní trénink, který zahrnoval 40 minut trénování pětkrát týdně po dobu pěti týdnů. Druhá skupina podstoupila poloviční trénink, každé tréninkové sezení trvalo 20 minut a probíhalo pětkrát týdně po dobu pěti týdnů. Kontrolní skupina nepodstoupila žádný trénink. Tréninkový blízký a vzdálený transfer nebyl prokázán u žádné skupiny. Z jejich výzkumu vyplývá, že výkon v úlohách, měřících inteligenci, je nezávislý na délce tréninku. Lindelov et al. (2016) získal statisticky významné zvýšení výkonu v úlohách N-back, avšak pouze v takových, které byly trénovány, což znamená, že zamítnul hypotézu efektu blízkého transferu (platí to samozřejmě i pro vzdálený transfer). Nejnovější metaanalýza Soveri et al. (2017) prokázala efekt blízkého transferu do paměťových úloh, které se strukturou podobaly tréninkovým úlohám n-back.

1.3 Paměťové strategie

Empirická část této práce se zaměřuje na odhalování paměťových strategií při zapamatování úloh vizuální a auditivní modalit. Proto se v této kapitole pokusíme o shrnutí základních poznatků, vztahujících se k této problematice.

V empirické části se snažíme o porovnání výkonu v úlohách s vizuálním a auditivním podnětovým materiálem, a také zvažujeme vliv abstrakce podnětového materiálu. Z těchto důvodů obsah této kapitoly bude členěn na výše uvedené charakteristiky podnětového materiálu.

Obecné přístupy, které se objevují ve výzkumech ke studiu paměťových strategií, Morisson, Rosenbaum, Chein a Fair (2016) shrnuli takto: (1) zkoumání behaviorálních účinků po instruování respondentů k používání určité strategie, (2) umožnění respondentům kontrolovat tempo prezentování podnětů a měření korelace času, který potřebují pro zkoumání podnětů, s časem, který potřebují pro aplikaci a zpracování strategie, (3) prezentování takových podnětů, které jsou vhodnější pro aplikaci určitých strategií (např. seskupování), (4) provedení rozhovoru s respondenty po provedení testování, které je založeno většinou na strukturovaných nebo polostrukturovaných dotaznících¹.

¹ Tento přístup byl použit v empirické části výzkumu pro zjišťování strategií, použitých pro řešení úloh.

1.3.1 Paměťové strategie a specifika auditivního podnětového materiálu

Auditivní podnětový materiál lze rozdělit na materiál verbální a neverbální povahy. V empirické části výzkumu jsme taktéž použili úlohy, obsahující verbální a neverbální podněty, což je zohledněno při uvádění míry abstrakce².

Na zpracování a udržování auditivní informace se podílí fonologická smyčka. Některé výzkumy ukazují, že při prezentování auditivního verbálního podnětového materiálu dochází k lepšímu zapamatování, než při prezentování stejného verbálního materiálu vizuálně (Gardiner & Gregg, 1979 in De Haan, Appels & Postma, 2000). Při současném prezentování vizuálního a auditivního podnětu se výkon jedince zlepšil (De Haan et al., 2000). Zjištění Gardinera a Gregga nebylo potvrzeno výzkumem Rodrigueze-Jimenze et al. (2009), které neshledali rozdíly mezi výkonem v N-back úkolech s vizuálním a auditivním prezentováním písmen. Bilaterální frontoparietální aktivita byla společná pro oba typy modality. Nicméně, vizuální podněty vyvolaly větší odezvu posteriorní okcipitální, temporální a parietální kůry, zatímco auditivní podněty zapojovaly víc superiorní temporální gyrus, u ně byla zjištěna také větší bilaterální aktivita dorzolaterálního prefrontálního kortexu. Navrhují, že při auditivních úlohách je víc zapojen centrální exekutivní systém, pravděpodobně kvůli rušivější podstatě auditivních stimulů. Výzkum Crottaz-Herbette, Anagnosona a Menona (2004) taktéž nepotvrdil rozdíly ve výkonu mezi n-back úlohami auditivního verbálního a vizuálního verbálního materiálu.

Oblast pracovní paměti vztahující se k neverbálním auditivním podnětům je prozkoumána velmi málo. Neverbální auditivní podněty mají vysokou míru abstrakce, protože nejsou snadno pojmenovatelné, a vytváření jejich mentálních reprezentací je často buď nemožné, nebo vyžaduje větší kognitivní zátěž. Podle výzkumu Golubocka a Janaty (2013) je těžké udržet v pracovní paměti víc než jeden abstraktní auditivní podnět. Vysvětlují to tím, že na rozdíl od verbálních auditivních podnětů abstraktní podněty nemají sémantické asociace v dlouhodobé paměti, které by ulehčily jejich manipulaci.

1.3.2 Paměťové strategie a specifika vizuálního podnětového materiálu

Hautzel et al. (2009) rozlišuje zpracování abstraktních a verbálních podnětů ve vizuální pracovní paměti. Předpokládá se, že zpracování verbálních podnětů zapojuje fonologickou smyčku, zatímco abstraktní podnětový materiál zapojuje vizuospaciální

² Verbální podněty byly označeny za podnětový materiál nejnižšího stupně abstrakce

náčrtník. Hautzel et al. prováděli testování zdravých jedinců pomocí n-back úloh. Byly prezentovány abstraktní a verbální podněty vizuální modalit. Výsledky neprokázali žádné rozdíly v mozkové aktivitě v závislosti na prezentování buď abstraktní, nebo verbální vizuální informace.

Tyto výsledky ale nemohou být generalizovány na obecné zpracování vizuálního abstraktního a verbálního podnětového materiálu, jelikož výsledky mohou být ovlivněny typem úlohy, která byla použita k testování. Například Ng et al. (2016) zkoumali mozkovou aktivitu při vyřešení vizuálních verbálních a abstraktních úloh typu Sternbergova úkolu. Respondentům byla prezentována řada šesti písmen (ve verbální variantě) nebo geometrických tvarů (ve vizuální variantě) po dobu 3 sekund. Po dobu dalších 3 sekund, kdy respondenti nebyli vestaveni žádnému podnětu, se objevil jeden verbální nebo vizuální stimul, a respondenti měli za úkol odhadnout, zda se tento stimul shoduje s nějakým stimulem, prezentovaným v řadě předtím. Respondenti skórovali výš ve verbálních úlohách než v abstraktních. Během verbálního úkolu byla identifikována dominantní levostranní aktivita ve frontální, parietální, okcipitální a okcipitotemporální kůře. Na rozdíl od toho, ve vizuálních úkolech byla zjištěna bilaterální aktivita stejných regionů.

Christensen a Wright (2010) se ve výzkumu zaměřovali na výkon v n-back úkolech s vizuálním podnětovým materiálem. Úlohy byly rozděleny do tří skupin na základě „lingvistické zátěže“ (*linguistic load*) podnětů. Lingvistickou zátěž definovali jako míru, do které je jedinec schopen rychle přiřadit podnětu odpovídající název. Podotýkají, že se nejedná o stupeň obtížnosti každého typu podnětů, nýbrž spíše o stupeň obtížnosti, která umožňuje respondentům rychle najít pojmenování podnětů. Ve výzkumu se jednalo o následující skupiny: ovoce (největší lingvistická zátěž – nejsnadnější pro rychlé pojmenování), fribble³ (mírná lingvistická zátěž) a bloky (nejmenší lingvistická zátěž). N-back úroveň byla nastavena na n=1 nebo n=2. Při úrovni n=2 se statisticky významné rozdíly objevily mezi skupinami „ovoce“ a „fribble“ (ve skupině „ovoce“ skórovaly výš). Při úrovni n=2 byl zjištěn statisticky významně větší skór ve skupině „ovoce“ než ve skupině „fribble“, statisticky významně větší skór ve skupině „ovoce“ než ve skupině „bloky“, a statisticky významně větší skór ve skupině „fribble“ než ve skupině „bloky“. Z výsledků vyplývá, že verbální a sémantické kódování zlepšuje znovuvyvolání podnětů do pracovní paměti. Naopak, když se lingvistická zátěž snižuje, a podnětům nemůže být přiřazen význam, výkon

³ Fribble – figurky neobvyklých, různorodých forem

klesá. Christensen a Wright (2010) k tomu nabízejí zajímavé vysvětlení na základě konceptu slepoty ke změně. Slepota ke změně znamená neschopnost všimnout si zjevné změny vizuálních charakteristik objektů. Simmons (1996) uvádí, že informace o vlastnostech objektů nemůže být zpracována bez možnosti verbálního pojmenování těchto objektů (Simmons, 1996 in Christensen & Wright, 2010).

Morrison, Rosenbaum, Fair a Chein (2016) se pokusili o zmapování strategií při řešení úloh s vizuálním verbálním podnětovým materiálem. Dotazník obsahoval seznam 10 strategií, které byly vytvořeny na základě rešerše literatury, odpovědí respondentů po kognitivním tréninku pracovní paměti, a odpovědí respondentů z pilotní fáze výzkumu. Tyto strategie jsou následující⁴: (1) opakovával jsem podněty (*Opakování*), (2) zapamatoval jsem si podněty ve skupinách (*Seskupování*), (3) zapamatoval jsem si slova podle jejich významu (*Sémantika*), (4) myslel jsem na jiné věci, které by mohly být spojené se slovy (*Asociace*), (5) představoval jsem si, jak slova vypadala na obrazovce (*Vzhled*), (6) vytvořil jsem vizuální představu, která se zakládala na významu slova (*Představy*), (7) myslel jsem si na to, jak slova zní (*Zvuk*), (8) jednoduše jsem se soustředil na slova (*Koncentrace*), (9) odpovídal jsem na základě toho, jak mi slova přišla povědomá (*Podobnost*), (10) už jsem čekal, že se některá slova objeví, a v duchu jsem je odškrtoval (*Seznam*). Respondenti nejméně používali strategie „asociace“, „zvuk“ a „vzhled“ (méně než 2,5%). Nejčastěji používanou strategií bylo „opakování“ (39,8 %). „Seskupování“ se ukázalo druhou nejpopulárnější strategií (18,8 %). Studie neprokázala statisticky významný vliv zvolené strategie na výkon respondentů. Výzkum se dále zabýval otázkou, zda respondenti používají stejné strategie u vyřešení různých úkolů. Výsledky ukazují, že se respondenti nedrželi jedné strategie, ale volili spíše rozdílný přístup k úlohám.

1.4 Shrnutí teoretických východisek

V této práci je termín pracovní paměti vymezen v souladu s modelem Baddeleyho a Hitcha (1976), v němž se pracovní paměť skládá z centrální výkonnostní složky, vizuoprostorového náčrtníku, fonologické smyčky a epizodického bufferu. Centrální výkonnostní složka je řídicím systémem, který je nadřazen fonologické smyčce a vizuoprostorovému náčrtníku. Fonologická smyčka zpracovává auditivní informaci, zatímco

⁴ V závorce je uvedeno autorovo vysvětlení daných strategií, které nebylo prezentováno respondentům v dotaznících

vizuoprostorový náčrtník se stará o vizuální informaci. Epizodický buffer sjednocuje informace odlišných modalit do jednotného celku.

Stručně bylo popsáno vývojové hledisko pracovní paměti se zaměřením na adolescenci. V tomto věkovém období se pracovní paměť stále vyvíjí. Podle některých výzkumů adolescenti ve verbálních a vizuálních n-back úlohách nedosahují stejného výkonu jako dospělí. Dále byla zmíněna kapacita pracovní paměti.

Podrobněji byl zpracován koncept n-back úloh jako tréninkového programu. Bylo poukázáno na efekt blízkého a vzdáleného transferu kognitivního tréninku. Výsledky výzkumů jsou nekonzistentní a není možné jednoznačně prokázat nebo vyvrátit vliv tréninku pracovní paměti na inteligenci a další kognitivní schopnosti. Lze také zmínit přístup ke kognitivnímu tréninku coby k tréninku strategií, které zvyšují výkon respondentů v kognitivních úlohách a každodenní pracovní paměti.

V neposlední řadě jsou popsány paměťové strategie a odlišnosti zpracování vizuálního a auditivního podnětového materiálu s ohledem na míru jejich abstrakce. Výsledky výzkumů toho, zda modalita podnětového materiálu ovlivňuje výkon jedince, jsou nejednoznačné. Většina výzkumů se ale shoduje na tom, že při práci s abstraktním materiálem vizuální a auditivní povahy respondenti dosahovali horších výsledků než při práci s verbálním (v našem případě jde o písmena a hlásky) materiálem obou modalit.

2 Výzkumné problémy a hypotézy

Z literatury je patrné, že se hodně výzkumů zabývá tréinkem pracovní paměti pomocí n-back úkolů, ale velmi málo studií zkoumá, jakým způsobem je zapamatována a udržována informace různých modalit a různé míry abstrakce podnětového materiálu. Tato problematika je taky většinou opomíjená u dospívajících, proto se ve výzkumu věnujeme této cílové skupině.

V kvantitativní části práce klademe otázky, zda bude výkon v úkolech N-back ovlivněn auditivní nebo vizuální modalitou podnětového materiálu. Jak již bylo uvedeno, v literatuře najdeme rozporuplnou diskuzi o tom, zda respondenti dosahují lepších výsledků v zapamatování vizuálního nebo auditivního podnětového materiálu. Předpokládáme, že auditivní podnětový materiál bude udržován v paměti výhradně pomocí fonologické smyčky, zatímco vizuální podnětový materiál bude udržován zároveň pomocí vizuoprostorového náčrtníku a následně poté, co bude verbálně pojmenován, bude zapojena také fonologická smyčka. Proto lze předpokládat, že výsledky ve vizuálních úlohách budou lepší než v auditivních.

Na základě výzkumu Rodriguez-Jimeneze et al. (2009) lze ale očekávat, že u verbálního materiálu budou výsledky stejné, nezávisle na modalitě.

1. Ovlivňuje modalita podnětového materiálu výkon ve verbálních n-back úlohách?

Předpokládáme, že modalita nebude mít vliv na výkon u úkolů s verbálním podnětovým materiálem.

2. Ovlivňuje modalita podnětového materiálu výkon v neverbálních n-back úlohách?

Předpokládáme, že výkon respondentů je statisticky významně vyšší v úkolech s vizuálním neverbálním podnětovým materiálem než v úkolech s auditivním neverbálním podnětovým materiálem.

Další otázkou kvantitativní části výzkumu je vliv abstrakce podnětového materiálu na výsledky respondentů. V souladu se zjištěními výzkumy předpokládáme, že abstraktnější podnětový materiál bude hůře verbalizován, což zkomplikuje udržování a zpracování materiálu takové povahy v paměti.

3. Ovlivňuje abstrakce podnětového materiálu výkon v n-back úlohách?

Předpokládáme, že výkon respondentů je statisticky významně vyšší v úkolech s nižší mírou abstrakce podnětového materiálu.

V rámci kvalitativní části výzkumu se pokusíme o zmapování určitých strategií, které respondenti používali v závislosti na charakteristikách podnětového materiálu úkolů.

4. Jaké strategie jsou používány pro řešení n-back úloh? Liší se strategie v závislosti na modalitě a míře abstrakce podnětového materiálu?

3 Metody

Výzkum byl realizován od prosince 2017 do dubna 2018 na základní škole v Praze. Probíhal ve třech etapách: pilotní fáze, samotné testování, fáze rozhovorů.

Pilotní fáze byla provedena ve 4. třídě ZŠ, testování se zúčastnilo 30 dětí. Původně tato data měla být součástí hlavního šetření, ale z organizačních důvodů byla nakonec využita jen pro pilotní výzkum. Cílem pilotní fáze bylo nakonec upravování průběhu testování. V pilotní fázi byl zadáván celkový počet úkolů testovacího programu Nback Campaign v jeden den, ve druhé fázi jsme však počet úkolů snížili. Nakonec jsme se snažili vyhovět požadavkům školy, pro kterou tento výzkum byl časově náročný, a zároveň se vyhnout psychické zátěži pro děti, jelikož plnění osmi úkolů v jeden den je hodně náročné.

Druhá fáze probíhala v 8. a 9. třídě ZŠ. Testování se zúčastnilo celkem 30 respondentů. Nicméně data od 7 respondentů nemohla být použita, jelikož žáci testování nedokončili. Výsledný vzorek tedy tvořil 23 respondentů.

Pokusili jsme se o rovnoměrné rozdělení na skupiny, skupina 8. třídy se skládala z 12 respondentů, skupina 9. třídy tvořila 11 respondentů. Dále každá skupina byla rozdělena na čtyři podskupiny. Každé podskupině bylo přiděleno vlastní pořadí úkolů, podle kterého měla postupovat (úkoly se lišily abstrakcí a modalitou podnětového materiálu). Tímto bylo docíleno vyloučení efektu tréninku. Testování probíhalo ve školní počítačové třídě, nejdříve byla testována jedna skupina pohromadě, poté druhá. Jsme si vědomi nevýhod hromadného testování většího počtu probandů, avšak možnosti a požadavky školy nám nedovolily zkoncipovat testování jinak.

V 8. třídě proběhlo šetření ve dvou dnech, každý den byly odehrány čtyři úkoly. V 9. třídě testování trvalo tři dny: během prvního dne byly odehrány pouze zácvikové úkoly, pak během dvou dní byly prezentovány tři úkoly za den.

Konečnou fází tvořily individuální rozhovory s vybranými respondenty, nezbytné pro zjištění jejich paměťových strategií. Respondenti byli vybíráni na základě jejich celkového skóre v úkolech – byli osloveni ti s nejvyšším skóre, ti s nejnižším a ti s průměrným výkonem.

3.1 Tréninkový program N-back campaign

Ve výzkumu byl použit tréninkový program N-back Campaign, který již byl použit ve výzkumu K. De Gray (2017). Program je založen na principu n-back úkolu, který bude popsán níže.

3.1.1 Popis n-back úkolů

Úkolem respondenta je sledovat sekvenci vizuálních nebo auditivních podnětů a posoudit, zda se současně prezentovaný podnět objevoval o nějaký počet (n) kroků zpátky. V případě totožnosti podnětů respondent tuto shodu hlásí.

Je zřejmé, že čím větší počet kroků si respondent musí zapamatovat, tím složitější je úroveň úkolu.

3.1.2 Popis programu N-back campaign

Probandovi byly na počítači promítány vizuální nebo auditivní podněty. V našem výzkumu jsme stanovili počáteční úroveň úkolů na $n=2$, což znamená, že respondent měl posuzovat současně prezentovaný podnět s podnětem, který se objevil o dva kroky zpátky. Pokud si respondent domníval, že podněty byly identické, měl stisknout klávesu. Se zvyšováním úrovně úkolu se zvyšovalo n (počet kroků zpátky). Pokud nebyl respondent dostatečně úspěšný v plnění jednotlivých úkolů, počet kroků se snižoval na $n=1$.

Ve výzkumu jsme prezentovali každému probandovi osm úkolů, přičemž první dva byly použity pro zácvek (jeden auditivní a jeden vizuální). Dále následovalo šest testových úloh. Tři z nich obsahovaly auditivní podněty, další tři obsahovaly vizuální podněty. Úkoly se lišily v míře abstrakce podnětového materiálu.

Úkol se sestával z šesti řad. Každá řada obsahovala 35 podnětů se stejným podnětovým materiálem a stejnou mírou abstrakce. Aby respondent splnil úkol, měl odehrát 6 řad, jejichž pořadí nebylo možné měnit. Vždy po skončení jednotlivé řady se respondent mohl zastavit, a když byl připraven, přejít na další řadu.

První řada v úkolu byla nastavena na úroveň $n=2$. V závislosti na výkonu probanda se obtížnost následujících řad v jednotlivém úkolu mohla měnit. Při vyřešení 0-75 % řady úroveň klesala o 1 ($n=1$). Při vyřešení 76-89 % řady úroveň zůstávala neměnná ($n=2$). Při vyřešení 90-100 % řady úroveň stoupala o 1 ($n=3$).

Obsah tréninkového programu, tzn. veškeré vizuální a auditivní podněty, které byly zadávány probandům, nebyl pozměněn z důvodů možnosti přesnějšího porovnání kvalitativních a kvantitativních výsledků tohoto výzkumu s výzkumem K. De Gray (2017).

3.1.3 Popis podnětového materiálu z hlediska modality

Testování obsahovalo tři úkoly s auditivním podnětovým materiálem a tři úkoly s vizuálním podnětovým materiálem.

V úkolu „písmena“ se jedná o patnáct písmen bez diakritiky. Každé písmeno je hůlkové, černé na bílém pozadí.

Dalším vizuálním úkolem jsou tzv. „psi“. Úkol obsahuje fotky patnácti různých plemen psů na podobném pozadí. Liší se barvou, velikostí a polohou psů.

Posledním vizuálním úkolem jsou „čáry“. Jedná se o patnáct různých černých čar na bílém pozadí. Každý obrázek se skládá ze dvou dlouhých čar, které jsou nějakým způsobem propleteny.

Auditivní úkol „hlásky“ obsahuje patnáct různých hlásek. Jsou vyslovovány stejným ženským hlasem s podobnou intonací.

V úkolu s názvem „zvířata“ najdeme patnáct zvuků různých zvířat. Jsou od sebe docela dobře odlišitelné, také se jedná o obecně známá zvířata.

Poslední auditivní úkol „pěvci“ se sestává z patnácti zvuků ptáků. Na rozdíl od zvířat, není předpokládána znalost zpěvu ptáků u většiny populace, nicméně jsou od sebe odlišitelné především výškou tónu.

3.1.4 Popis podnětového materiálu z hlediska abstrakce

Výše popsané úkoly můžeme roztrždit dle stupně abstrakce.

Vizuální úkol „písmena“ a auditivní úkol „hlásky“ můžeme přiřadit k prvnímu stupni abstrakce. Jedná se o nejlépe kódovatelné informace díky tomu, že ten druh informace je obecně známý a často používaný v běžném životě, existuje pro něj označení.

Vizuální úkol „psi“ a auditivní úkol „zvířata“ jsou úkoly druhého stupně abstrakce. Od předchozího stupně se liší tím, že materiál je hůře kódovatelný (i když pro podnět existuje označení), protože se nejedná o automatickou znalost obsahu (i přesto, že je pes dobře známý podnět, odlišnosti v jednotlivých rasách psů nemusí být samozřejmé pro většinu populace).

Pro kódování a vybavování musel být materiál více zpracováván, než tomu bylo u písmen a hlásek.

Poslednímu stupni abstrakce odpovídají „čáry“ s vizuální modalitou a „pěvci“ s auditivní modalitou. V daných úkolech pro materiál neexistuje automatické označení. Je předpokládáno, že pro zapamatování museli probandi s tímto materiálem pracovat nejvíce, a to takovým způsobem, že to museli nějakým způsobem restrukturalizovat.

3.1.5 Testování

Testování probíhalo v počítačové třídě, v závislosti na časových možnostech školy. Každá skupina byla zkoušena zvlášť. Během jednoho dne byly většinou odehrány 3 úkoly. Jeden úkol trval 6 minut. Bohužel se nepodařilo zajistit dostatečnou motivaci k co nejlepšímu výkonu a co nejpečlivějšímu popisu strategií u žáků. Původní záměr spočíval v udržování motivace u žáků pomocí známkování předvedených výkonů nebo bonusů v rámci jejich školních hodin, ale toto nezískalo podporu učitelů. Domníváme se, že absence výkonové motivace inhibovala výkon v paměťových úkolech probandů a komplikovala následné popisy paměťových strategií.

3.1.6 Sběr dat

Výsledky výkonů probandů byly získány bezprostředně z programu N-back Campaign. Pro sběr informace o paměťových strategiích byly použity dotazníky a rozhovory.

3.1.7 Dotazník

Po každém splněném úkolu respondenti dostali krátký dotazník, který obsahoval otázky: „Jak se Ti tento úkol líbil? Jak byl tento úkol pro Tebe těžký?“ Probandi měli možnost ohodnotit obtížnost a oblíbenost na škále od 1 do 6 (1 – vůbec se nelíbil/byl velmi snadný, 6 – moc se líbil/byl velmi těžký). Po těchto otázkách následovala otázka: „Proč?“, abychom mohli získat obsáhlejší zpětnou vazbu. Na konci byla položena otázka: „Jakým způsobem ses snažil zapamatovávat pořadí obrázků nebo zvuků?“ Záměrem pro vytvoření dotazníků byla snaha o zachycení paměťových strategií všech probandů, ale většina dotazníků zůstala nevyplněna, proto data z dotazníků nebyla součástí kvantitativní a kvalitativní analýzy.

3.1.8 Rozhovor

Provedení rozhovorů bylo hlavní metodou zjišťování paměťových strategií z důvodů chybějící reflexe z dotazníků. Byl použit polostrukturovaný rozhovor, kterého se zúčastnilo 8 respondentů.

Výběr probandů byl prováděn na základě jejich celkového skóru. Všichni probandi byli seřazeni od nejlepšího po nejhorší, a bylo zvoleno několik probandů s nejlepším, průměrným a nejhorším výkonem.

V rozhovoru byly použity otázky typu: Jakým způsobem ses snažil zapamatovat úkol? Jaké úkoly byly složité? Otázky byly průběžně přizpůsobovány a upravovány jazykovému stylu, který je vhodný a srozumitelný pro žáky 8. a 9. třídy.

Pro připomenutí probandům obsahu úkolů byla použita „Připomínková mapa“, která obsahovala šest úkolů (se stejným obsahovým materiálem, jako u testovacích úkolů). Úkoly se už neskládaly z šesti řad, ale obsahovaly jen jednu řadu. Nešlo již o výkon probanda, nýbrž o nápovědu k rozhovoru.

Rozhovor probíhal tak, že nejdřív byl prezentován jeden úkol, pak byli probandi dotazováni.

3.2 Zpracování dat

3.2.1 Statistické zpracování

Nejdřív byla prokázána normalita rozložení dat pro výkony v každém úkolu, výkon v auditivních a vizuálních úkolech a celkový výkon respondentů pomocí Shapiro-Wilkova testu.

Pomocí t-testu pro dva závislé soubory byly vypočítány rozdíly mezi auditivními a vizuálními úkoly. Pomocí analýzy rozptylu byly sledovány rozdíly mezi jednotlivými úkoly a následně byly vypočítány pomocí Fisherova LSD testu.

Rozdíly byly brány jako signifikantní na hladině významnosti 0,1%, 1%, 5%.

3.2.2 Výpočet skóre z programu N-back Campaign

Výkony jednotlivých úkolů probandů, které byly získány z programu N-back Campaign, byly převedeny do skóre, se kterými jsme dál operovali. K výpočtu byl použit následující vzorec:

$$Vř = SO \times U,$$

kde $Vř$ je výkon respondenta v jedné řadě. Konstanta SO je počet správných odpovědí v dané řadě a U je úroveň, v které byla daná řada odehrána. Výkon v řadách byl spočítán pro každou řadu zvlášť a následně byl spočítán výkon celého úkolu, k čemuž byl použit následující vzorec:

$$\acute{U}S = Vř1 + Vř2 + Vř3 + Vř4 + Vř5 + Vř6,$$

kde $\acute{U}S$ je skór v konkrétním úkolu a čísla 1-6 je označení pořadí řady.

K ověření vlivu modality na výkon jsme vypočítali skór pro úkoly, obsahující sluchový a zrakový podnětový materiál:

$$AS = Spt + Sz + Sh,$$

kde AS je auditivní skór, Spt je skór v úkolu ptáci, Sz je skór v úkolu zvířata, Sh je skór v úkolu hlásky. Pro zrakovou modalitu jsme postupovali následovně:

$$VS = Sč + Sps + Spi,$$

kde VS je vizuální skór, $Sč$ je skór v úkolu čáry, Sps je skór v úkolu psi, Spi je skór v úkolu písmena.

Abychom mohli seřadit probandy podle jejich výkonu a vybrat si je k závěrečným rozhovorům, měli jsme získat přehled o jejich celkovém skóru:

$$CS = Sč + Sps + Spi + Spt + Sz + Sh,$$

kde CS je skór celkového výkonu, S ($č$, ps , pi , pt , z , h) jsou skóry v jednotlivých úkolech.

3.2.3 Analýza rozhovoru

Pro analýzu rozhovorů byla zvolena metoda otevřeného kódování. Všechny rozhovory byly nahrány a následně přepsány. Na základě informací z rozhovorů byly vytvořeny strategie, které se týkaly způsobů zapamatování podnětů.

3.3 Výzkumný vzorek

Výzkumný vzorek tvoří 23 probandů (17 dívek a 6 chlapců). Průměrný věk respondentů je 13,6 let.

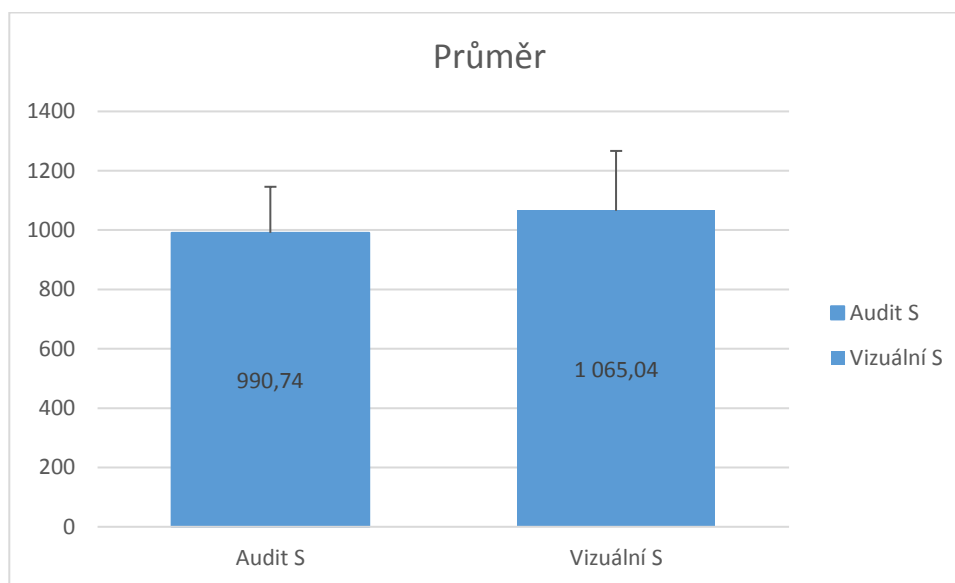
Probandi byli nejdřív rozděleni do dvou skupin podle svých tříd (výzkumu se zúčastnily 8. a 9. třída). Následně každá třída byla rozdělena do 4 podskupin. Každá podskupina odehrávala úkoly podle předem daného pořadí. Pořadí bylo následující: první skupina – psi, zvířata, písmena, hlásky, čáry, pěvci; druhá skupina – hlásky, písmena, pěvci, psi, zvířata, čáry; třetí skupina – písmena, pěvci, psi, zvířata, čáry, hlásky; čtvrtá skupina – hlásky, čáry, zvířata, psi, pěvci, písmena. Při stanovení pořadí byly brány v úvahu abstrakce a modalita úkolů. Záměrem bylo předejít vlivu pořadí na výkon probandů. Dva zácvikové úkoly zrakové a sluchové modality skupiny odehrály spolu na začátku testování, data z těchto úkolů nebyla použita pro výzkum.

4 Výsledky kvantitativní analýzy

4.1 Vliv modality na výkon

Byl statisticky ověřen rozdíl mezi celkovým výkonem respondentů v auditivních úlohách a celkovým výkonem respondentů ve vizuálních úlohách (graf 1).

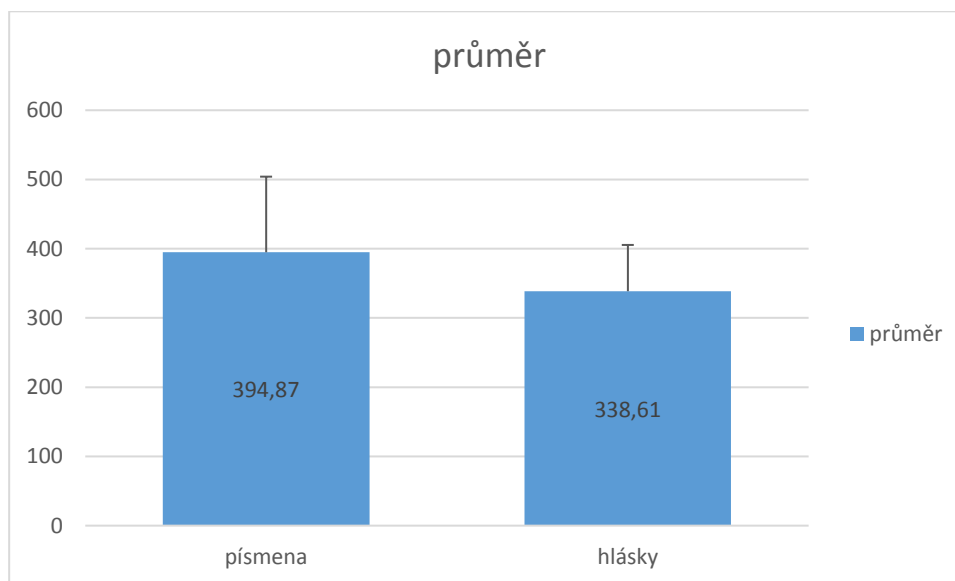
Graf 1: Porovnání auditivního a vizuálního výkonů respondentů



Rozdíly mezi auditivními a vizuálními úkoly jsou signifikantní na hladině 1% významnosti

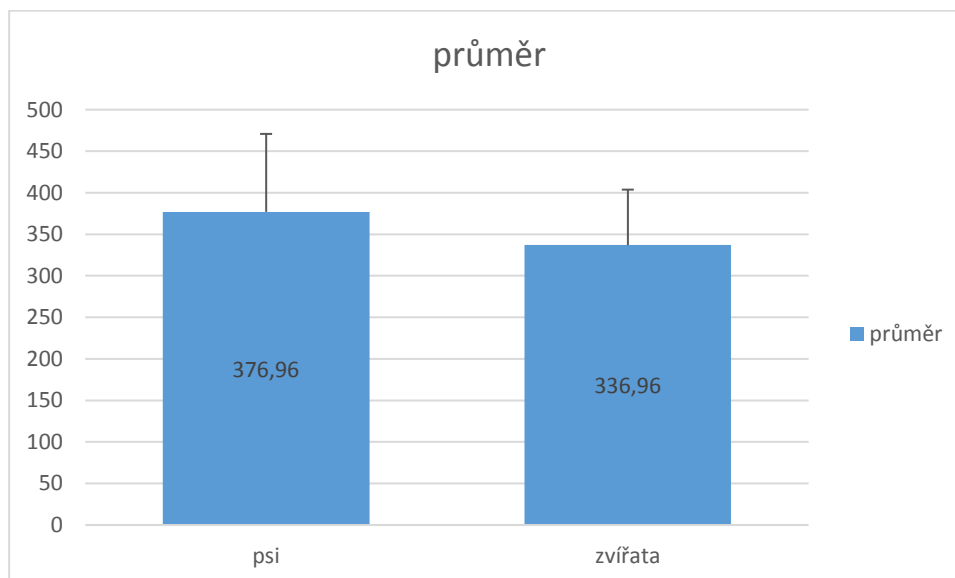
Byly také ověřovány rozdíly mezi jednotlivými úkoly s rozdílnou modalitou, ale stejným stupněm abstrakce („písmena“ a „hlásky“, „psi“ a „zvířata“, „čáry“ a „pěvci“). Byl vyvrácen výchozí předpoklad, že výkon respondentů v úlohách s vizuálním neverbálním podnětovým materiálem je stejný, jako v úlohách s auditivním neverbálním podnětovým materiálem (viz graf 2). Statisticky významně vyšší výkon se potvrdil také u dvojice 2. stupně abstrakce (viz graf 3). K zajímavému zjištění došlo u dvojice s 3. stupně abstrakce (viz graf 4). Průměrný výkon respondentů je v úkolu „pěvci“ vyšší (315,17), než v úkolu „čáry“ (293,22). Lze říci, že tento rozdíl je na hranici statistické významnosti ($p=0,07$).

Graf 2: Výkony respondentů v úkolech „písmena“ a „hlásky“



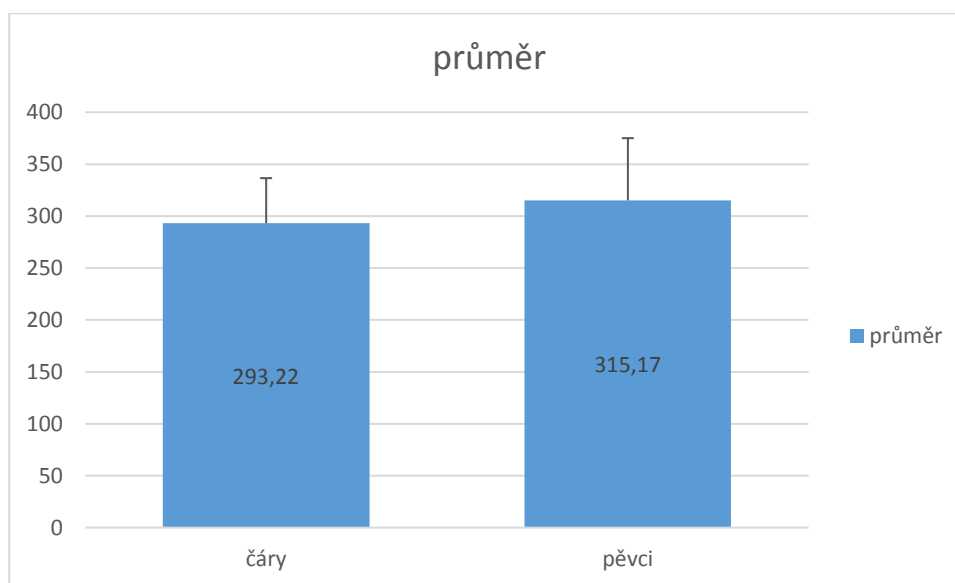
Rozdíly mezi úkoly „písmena“ a „hlásky“ jsou signifikantní na hladině 0,1% významnosti

Graf 3: Výkony respondentů v úkolech „zvířata“ a „psi“



Rozdíly mezi úkoly „psi“ a „zvířata“ jsou signifikantní na hladině 1% významnosti

Graf 4: Výkony respondentů v úkolech „čáry“ a „pěvci“



Rozdíly mezi úkoly „čáry“ a „pěvci“ jsou na hranici statistické významnosti ($p=0,07$)

4.2 Vliv abstrakce na výkon

Bylo očekáváno, že se zvyšující se mírou abstrakce bude klesat výkon respondentů v úlohách, a to nezávisle na modalitě podnětů. Nejdřív byl analýzou rozptylu prokázán vliv abstrakce na výkon, pro post hoc analýzu byl použit Fisherův LSD test.

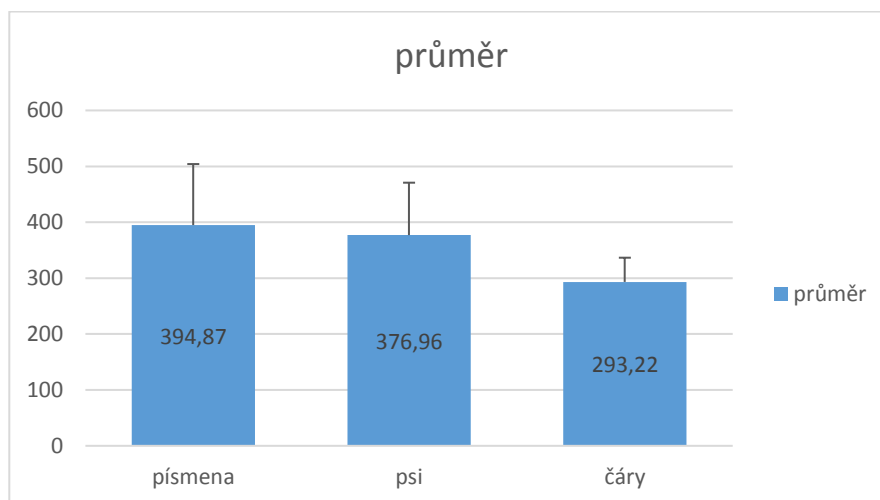
4.2.1 Vliv abstrakce na výkon u úkolů s vizuálním podnětovým materiálem

Prokázalo se, že výkony respondentů se statisticky významně neliší v úkolech s 1. a 2. stupněm abstrakce (průměrný výkon v úkolu „písmena“ je ale větší, než v úkolu „psi“). Statisticky signifikantní rozdíly se prokázaly mezi úkolem „písmena“ a „čáry“, také mezi úkolem „psi“ a „čáry“ (viz graf 5).

4.2.2 Vliv abstrakce na výkon u úkolů s auditivním podnětovým materiálem

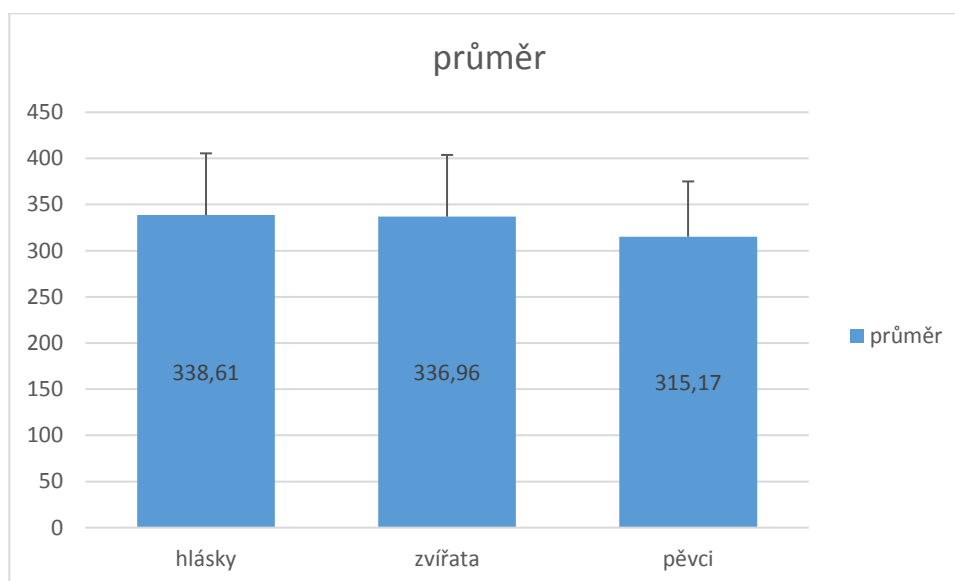
Pomocí statistické analýzy nebyly prokázány statisticky významné rozdíly mezi úkoly „hlásky“, „zvířata“ a „pěvci“. Rozdíly v průměrech výkonů respondentů jsou poměrně zanedbatelné (viz graf 6). Toto zjištění nepotvrzuje původní hypotézu a je v rozporu s odbornou literaturou.

Graf 5: Výkony respondentů v úkolech s vizuálním podnětovým materiálem



Rozdíly mezi úkoly „písmena“ a „čáry“, „psi“ a „čáry“ jsou signifikantní na hladině 0,01% významnosti

Graf 6: Výkony respondentů v úkolech s auditivním podnětovým materiálem



Rozdíly nejsou statisticky významné

4.3 Shrnutí výsledků kvantitativní analýzy

Pokusili jsme se zjistit, jak může charakter podnětového materiálu ovlivnit výkon respondentů v n-back úlohách. Charakter podnětového materiálu byl sledován z hlediska modality (vizuální a auditivní) a míry abstrakce (1., 2., 3. stupeň).

Bylo očekáváno, že u verbálního podnětového materiálu nebude modalita hrát roli ve výkonu respondentů. U neverbálního podnětového materiálu bylo předpokládáno, že v případě vizuálního prezentování materiálu, výkon respondentů bude vyšší než v případě prezentování materiálu auditivně. Statistická analýza potvrdila vyšší průměr skóru vizuálních úkolů, než auditivních. Dále statistická analýza potvrdila, že u verbálních vizuálních úkolů respondenti skórovali výš než u úkolů auditivních. Co se týče neverbálních úkolů, předpoklad se statisticky potvrdil pouze u úkolů 2. stupně abstrakce (lepší průměrné výsledky v úkolu „psi“ než v úkolu „zvířata“). Hypotéza nebyla potvrzena u úkolu 3. stupně abstrakce, kde výkon v úkolu „pěvci“ byl statisticky významně vyšší než v úkolu „čáry“.

Dále bylo očekáváno, že se zvyšující se mírou abstrakce bude klesat výkon respondentů, a to nezávisle na modalitě. Naše data nepotvrdila jednoznačný vliv abstrakce na výkon. Je však nutné zdůraznit, že v našem případě se jednalo o adolescenty. Jiná výzkumná zjištění by tedy mohla být ovlivněna i touto skutečností. Důvody tohoto rozporu by tedy bylo vhodné v dalších studiích podrobněji prozkoumat. Statisticky významné rozdíly se prokázaly pouze u vizuálních úkolů, a to mezi 1. a 3. stupněm abstrakce, a mezi 2. a 3. stupněm abstrakce. U vizuálních úkolů se statisticky významně nepotvrdily rozdíly mezi úkoly 1. a 2. stupně abstrakce. U auditivních úkolů nebyly zjištěny statisticky signifikantní rozdíly.

5 Výsledky kvalitativní analýzy

Zde podrobněji uvedeme paměťové strategie řešení N-back úloh, které byly zjištěny z rozhovorů, kterých se zúčastnilo 8 probandů.

Můžeme vymezit 6 strategií, které se týkají řešení N-back úloh: předjímání, intuice, asociace, pojmenování, vizuální, auditivní⁵.

Strategie můžeme roztrdit do dvou skupin na základě paměťových procesů, ve kterých se odehrávají, a to strategie, týkající se procesu kódování podnětového materiálu a strategie, týkající se procesu vybavování podnětového materiálu⁶.

Vybavovacími strategiemi jsou: předjímání, intuice.

Kódovacími strategiemi jsou: auditivní, vizuální, pojmenování, asociace.

Dále budou tyto strategie podrobněji popsány a podloženy příklady z rozhovorů respondentů. Každý respondent je uveden pod kódem, aby byla zajištěna jeho anonymita.

5.1 Strategie vybavování

5.1.1 Předjímání

Při uplatňování strategie předjímání je respondent schopen zapamatovat si přesné pořadí podnětů, a zároveň předpovídat následující podnět (který podnět by měl následovat, aby respondent správně hlásil shodu).

BARANN: Já jsem si to spíš říkala H, F... Už to bylo takový, že jsem čekala, že tam bude to písmeno, dopředu jsem jakoby věděla.

STRMICH: Mě to přišlo lehký, protože když tam třeba bylo A-B, tak jsem si zapamatovala, že další musí být A, a když tam nebude, tak bude B, a tak jsem si to říkala.

Předjímání se nejvíc objevilo v rozhovorech v souvislosti s úkolem „písmena“ (7 výskyty). V úkolu „hlásky“ se tato strategie objevovala s menší četností (4 výskyty).

STRMICH: Protože vždycky když řekla třeba A a potom I, tak jsem si řekla: Teď bude A, a když nebude, tak další musí být I. Jsem si to říkala v duchu.

⁵ Názvosloví strategií bylo převzato z diplomové práce De Gray (2017) vzhledem k podobnostem strategií v obou výzkumech

⁶ Podobné rozdělení bylo také inspirováno již zmíněnou diplomovou prací De Gray (2017)

Respondenti uváděli, že auditivní úkol „hlásky“ byl těžší než vizuální úkol „písmena“, což se pravděpodobně projevilo v menším rozsahu používání předjímání v práci se zvukovými podněty.

U úkolu „pěvci“ jsme zaznamenali volbu dané strategie u tří respondentů, což je poměrně velké zastoupení pro auditivní podnětový materiál 3. stupně abstrakce, vzhledem k velké kognitivní zátěži, kterou tato strategie vyžaduje při práci s abstraktním materiálem.

KLOKON: Taky když to byl třeba hodně vysoký zvuk, tak jsem se toho chytla a předpokládala jsem, kdy zas přijde, ale když byly hodně podobné, tak to moc nešlo.

Respondentka si pomáhala zaznamenáním nápadných zvukových charakteristik jako výška tónu, které ulehčovaly proces předjímání. Podobné vysvětlení používání strategie předjímání nalézáme u stejné respondentky v úkolu „zvířata“.

JÁ: Dokázala jsi sestavit zvuky podle pořadí, vědět dopředu, co bude dál?

KLOKON: U výrazných zvuků ano, jako třeba nějaký had tam byl.

5.1.2 Intuice

Tato strategie spočívá v tom, že respondenti posuzovali, zda podnět, který je aktuálně prezentován, se již objevoval předtím. Strategie ale neumožňovala posouzení pořadí daného podnětu. To znamená, že respondent mohl správně odhadnout, že tento podnět už byl promítán, ale nevěděl, o kolik kroků zpátky. Tím docházelo k větší nepřesnosti v odhadování shody podnětů.

SKRANN: Tak nevím, prostě si to řeknu v hlavě a hotovo, čtu si ty písmena, a pokud vím, že tam už bylo to písmeno, tak na něj kliknu.

JÁ: Dokázala jsi dopředu vědět, co tam přijde?

SKRANN: Asi ne.

Strategie intuice měla nízké zastoupení v úkolech „hlásky“ a „písmena“, kde převažuje strategie předjímání. Předjímání umožňuje dosažení vyššího skóru z důvodů přesnějšího odhadu správných odpovědí. Zároveň předjímání je docela dobře zvladatelné pro respondenty, jelikož úkoly „hlásky“, „písmena“ obsahují podnětový materiál 1. stupně abstrakce.

SKRANN: Já si jenom pamatuju, jestli to tam bylo nebo ne. Tak nevím, nepamatuju si, jak to tam bylo za sebou.

Strategie intuice byla jakousi záchranou v případě, kdy se respondent ztratil v řadě anebo podnětový materiál byl těžce kódovatelný, například v úkolech s 3. stupněm abstrakce.

JIRLAN: Jak tam nebylo, podle čeho se orientovat, jenom tak... Todle mi prostě nějak naskočilo, jestli to tam už bylo⁷.

KARVAN: Jako já nevím, prostě jsem to poslouchala a občas jsem trefila, občas ne⁸.

JÁ: Dokázala jsi to teda nějakým způsobem roztrdit, uspořádat? Dát do nějakých skupinek?

KARVAN: Ne, to vůbec.

LANMAX: Spíš hodně intuitivně, ne podle nějakého systému, nějak pocitově, všechny mi splývaly do jednoho⁹.

Domníváme se, že strategie intuice je poměrně přirozená, a lze říci, že ji uplatňovali do nějaké míry všichni respondenti.

Tab. 1 Počet respondentů, užívajících strategii vybavování

STRATEGIE VYBAVOVÁNÍ			
	N	PŘEDJÍMÁNÍ	INTUICE
PÍSMENA	9	7	2
PSI			
ČÁRY	5	1	4
HLÁSKY	7	5	2
ZVÍŘATA	2	2	
PĚVCI	5	3	2

⁷ Respondent mluví o úkolu „čáry“.

⁸ Respondent mluví o úkolu „pěvci“.

⁹ Respondent mluví o úkolu „pěvci“.

5.2 Strategie kódování

5.2.1 Auditivní

Tato strategie se uplatňuje u kódování sluchového podnětu. Zvuk může být nehlasně opakován, což se většinou děje u podnětů s 1. stupněm abstrakce („hlásky“), ale k subvokální artikulaci dojít také nemusí (typicky pro podněty s abstraktnějším stupněm podnětového materiálu – „pěvci“).

JÁ: Jak ses snažila zapamatovat jednotlivé hlásky?

NAVKLA: Tak podle výšky zvuku, ale i podle toho, co to je za písmeno, ale spíš podle výšky hlasu.

Zde se respondentka řídila pouze zvukovými charakteristikami (výška hlasu), nebyla vytvářena jejich mentální reprezentace, i když mentální reprezentace hlásek jsou do jisté míry zautomatizované. Pravděpodobně je to dané tím, že se některá písmena od sebe nedala dobře odlišit, například byla často pletena písmena B a P z důvodů jejich zvukové podobnosti.

LANMAX: Nejdřív jsem teda nepoznal, že jsou to písmena, ale tak jako jsem si jen říkal, jaký písmeno by tam mělo být. Nějakým jsem nerozuměl úplně dobře, ale poznal jsem ten zvuk většinou.

JÁ: Měl jsi před očima obrázek písmene taky, třeba O?

LANMAX: Ne, to vůbec.

Všichni respondenti kodovali auditivní podněty pouze sluchově, ke spojení s vizuální strategií nedocházelo (nikdo z respondentů nepopisoval, že si při poslechu určité hlásky představuje tuto hlásku vizuálně).

Často byly ale vedle této kódovací strategie popisovány strategie vybavování, např. předjímání (4 výskyty) a intuice (2 výskyty).

Příklad uplatnění strategie intuice:

SKRANN: Já si jenom pamatuju, jestli to písmeno tam bylo nebo ne. Nepamatuju si, jak to tam bylo za sebou.

Příklad uplatnění strategie předjímání:

KLOKON: Tak vždycky když tam bylo C A Q, tak když tam bylo A, tak jsem si říkala, že pokud tam skočí C, tak to kliknu.

Jak jsme již uvedli, subvokální artikulace může, ale nemusí být zaměstnána v procesu kódování sluchového podnětu. Právě u strategie předjímání bylo použito opakování zvuku v duchu.

STRMICH: Protože vždycky když řekla třeba A a potom I, tak jsem si řekla: Teď bude A, a když nebude, tak další musí být I. Jsem si to říkala v duchu.

JIRLAN: Tak prostě jsem si opakoval poslední dvě hlásky, co tady byly.

U převážné většiny respondentů byla tato strategie úspěšná v úkolech „zvířata“ (6 výskytů) a „pěvci“ (7 výskytů).

JIRLAN: Podle výšky třeba jak se to začínalo vysoce, tak mi to stačilo.

KLOKON: Taky když to byl třeba hodně vysoký zvuk, tak jsem se toho chytla a předpokládala jsem, kdy zas přijde, ale když byly hodně podobné, tak to moc nešlo.

LANMAX: Přišly mi zvuky hodně stejný, ten jeden byl hodně jinej, že začal jako *napodobuje zvuk* vysoko, ale ostatní přišly hodně stejný, všechny mi splývaly do jednoho.

Z rozhovorů vyplývá, že strategie byla nejužitečnější v případech, kdy se výšky tónů zvukových podnětů nápadně od sebe lišily. Jakmile se objevovalo více vysokých zvuků v řadě, respondenti už nemohli rozlišovat zvuky mezi sebou pouze na základě jedné charakteristiky (výška), tedy pouze auditivní strategie nestačila.

5.2.2 Vizuální

Při uplatnění vizuální strategie respondent mohl kódovat pouze zrakové podněty a to tak, že si zapamatoval pouze vzhled určitého obrázku (fotku psa nebo čáru) bez následného pojmenování obsahu obrázku.

KARVAN: Snažila jsem si to zapamatovat podle psů, říkala jsem si „malej, velkej, chlupatej“, ale potom jak jsou tam dva stejné barvy, tak se mi to zamíchá, tak vzhled toho.

Tato strategie se dobře kombinovala se strategií pojmenování. U úkolu „psi“ se strategie pojmenování zdála být docela efektivní zejména na začátku úkolové řady, kde respondenti měli možnost rozlišovat psy podle jejich velikosti, ochlupení nebo barvy. Pak se objevovalo více psů se stejnými vzhledovými charakteristikami, a pokud respondenti

nedokázali pojmenovat rasu psa, pojmenování typu „malý, velký, chlupatý“ už nestačilo. V tom případě byla zapojena vizuální strategie.

JÁ: Dokázala jsi říct, co je to za psa?

NAVKLA: Ne

JÁ: Nějak jsi to pojmenovávala?

NAVKLA: Ne, jen jsem se snažila zapamatovat, jak to vypadá. Vizuální paměť, nebo tak nějak se to jmenuje.

U úkolu „písmena“ tato strategie měla malé zastoupení a byla použita spíše okrajově, měla pomocnou funkci vedle dominantní strategie pojmenování.

JÁ: A říkal jsi to spíš zvukově nebo zrakově jsi to představoval, to písmenko?

LANMAX: To věčko bylo takový menší, ale pak jsem si to spíš říkal.

Respondent LANMAX si zapamatoval vizuálně jen jedno písmeno, a to z důvodů, že jeho velikost byla zjevně menší, než u ostatních písmen.

JÁ: Říkala sis to nebo představovala jsi to vizuálně?

STRMICH: Nevím, já jsem si to prostě představovala, jak to vypadá, za sebou ty písmenka, a pak jsem si to říkala.

JÁ: Takže spíš vizuálně, než jsi to říkala v duchu?

STRMICH: No právě, že obojí.

Respondentka STRMICH udává rovnocenné použití strategie pojmenování a vizuální strategie.

Vizuální strategie byla také zastoupena v poměrně velkém počtu v úkolu „čáry“ (4 výskyty). Vysvětluje se to tím, že se jedná o úkol s nejvyšší mírou abstrakce, což znamená, že pro podněty neexistuje jednoznačné pojmenování, a proto byly čáry často zapamätovány jen na základě jejich vzhledu anebo prostorového umístění. Respondenti se tak vyhnuli zatěžování pracovní paměti hledáním asociací v dlouhodobé paměti.

SKRANN: To je to, co mi nešlo. Já jsem prostě jen koukala na ten obrázek, pokud mi přišel podobný, tak jsem klikla. Víc jsem si zapamatovat nedokázala.

JÁ: Ani to nějak pojmenovat?

SKRANN: Klikyháky.

LANMAX: To fakt spíš jak mi to přišlo, nic jsem v tom moc neviděl, jeden mi přišel jako NA, ale ty obrázky jsou takový prostorově... Ty čáry byly hodně u sebe na jednom místě, a jestli to bylo celý jednou čarou nebo více... Nezvládl jsem tam najít něco.

KARVAN: Nedokážu se na to nějak soustředit, aby se mi to založilo v hlavě, jak to vypadá.

5.2.3 Pojmenování

Strategie pojmenování byla uplatněna u vizuálního a auditivního podnětového materiálu. Principem této strategie je přiřazení pojmu určitému podnětu. Pojmem se může stát obecně platný název objektu (obrázek jezevčíka – „jezevčík“) nebo obecnější slovní popis, který vystihuje odlišitelné charakteristiky objektu (obrázek jezevčíka – „malý, vychrtlý“). U pojmenování je výrazně zatížena dlouhodobá paměť, např. při procesu vyhledávání a uplatňování znalostí ohledně ras psů.

BARANN: No na začátku tam byl jorkšír, dalmatin, pak pudl, pak ten bernardin, ale nejsem si jistá, a pak něco zrzavýho.

JÁ: A to jsi řekla „něco zrzavýho“?

BARANN: No jo, něco zrzavýho... Něco, pod nějakým klíčem jsem si ho pojmenovala.

Docela originální poznámka se objevila u respondenta JIRLAN, který si pamatoval psa podle držení jeho těla. Je to jediný respondent, u kterého se objevilo zaměření na danou charakteristiku.

JIRLAN: Jak to působil ten obrázek... Nevím, nemůžu říct, co je to za plemeno, i když můžu, tak nevím, třeba spíš postoj.

JÁ: Říkáš „postoj“?

JIRLAN: Jak působí ten pes, jestli je v pozoru nebo něco hledá. Jak tam byl ten malej připravenej na start, jestli byl malej, velkej, tak jsem si to říkal.

LANMAX: Třeba takovej bílej pes, nevím co je to za psa, tak jsem řekl „velkej bílej pes“ a tak jsem si to pamatoval. Nebo pak byl malej pes a říkal jsem si „malej pes“, nebo tam byl takovej pes, kterej zachraňuje lidi v horách, tak jsem si ho pamatoval podle toho.

Strategie je velmi dobře uplatnitelná v úkolu „písmena“, kde se jedná o 1. stupeň abstrakce podnětového materiálu. Pojmenování je v tomto případě automatické, písmenu na obrázku je hned přiřazen odpovídající zvuk. Ukázalo se, že se předjímání dá efektivně uplatňovat spolu s pojmenováním, a to zejména u úkolu „písmena“.

Z auditivních úkolů bylo pojmenování nejvíce používáno u úkolu 2. stupně abstrakce („zvířata“), nicméně respondenti nebyli schopni rozpoznat všechna zvířata, a tak přidávali auditivní strategii.

JIRLAN: Tady jsem si nějak řekl to zvíře, abych mohl rozkategorizovat ten zvuk.

SKRANN: Pojmenovávala jsem si ty zvířata, u jednoho jsem si řekla, „aha, nevím, co to bylo za zvíře, asi tygr“.

JÁ: Tak jsi to zapamatovala spíš podle zvuků nebo podle názvů?

SKRANN: Podle obou, občas to bylo „tak ten dívnej, co je asi tygr“, občas jen zvuk.

LANMAX: No u koně jsem si řekl, že je to kůň, ale u ostatních zvířat... Kohout možná trochu, ale asi ne... Kromě toho koně podle toho zvuku jenom, ne že bych si říkal, že je za tím zvíře.

Jen jednomu respondentovi se podařilo pracovat s pojmenováním v úkolu 3. stupně abstrakce („pěvci“).

JÁ: Snažila ses to nějak pojmenovat i tady?

BARANN: Snažila jsem se, ale nějaký byly podobný, tak jsem si to pojmenovala stejně.

JÁ: A jak ses je snažila pojmenovat?

BARANN: Když mi to připomínalo pískání, tak pískání, třeba křičení a tak.

5.2.4 Asociace

Strategie asociace se vyskytovala výlučně u úkolu s 3. stupněm abstrakce vizuálního podnětového materiálu („čáry“). Respondenti pojmenovávali obrazce čar na základě jejich vnější podobnosti s nějakým objektem. Pojmenování vyžaduje kreativitu respondenta, protože vztah mezi čarou a objektem, podle kterého je pojmenována, není předem daný. Tím se liší od předchozí strategie: zatímco u pojmenování se jednalo o přiřazení podnětu názvu,

který je povinný pro daný objekt (například vyjmenování rasy psu), zde se jedná o připodobnění, které má subjektivní charakter.

Tato strategie nebyla zastoupena u úkolů s auditivním podnětovým materiálem s vyšším stupněm abstrakce („zvířata“, „pěvci“).

STRMICH: Ale jakoby dělala jsem to tak, že jsem si snažila pod tou nějakou čmáranicí představit něco, a tak jsem si to říkala. Třeba tam bylo tři vlnky, a snažila jsem si představit, že je to nějaká ruka, tak jsem si říkala „ruka“.

BARANN: Zase jsem si říkala, co tam vidím, jak si to představím, třeba medvěd, ucho, prostě co to mi připomínalo.

Tab. 2: Počet respondentů používajících strategie kódování

STRATEGIE KÓDOVÁNÍ					
Typ úkolu	N	VIZUÁLNÍ	AUDITIVNÍ	POJMENOVÁNÍ	ASOCIACE
PÍSMENA	9	3		6	
PSI	12	5		7	
ČÁRY	9	4			5
HLÁSKY	8		8		
ZVÍŘATA	11		6	5	
PĚVCI	8		7	1	

5.3 Shrnutí výsledků kvalitativní analýzy

Pomocí kvalitativní analýzy bylo identifikováno 6 strategií, které respondenti užívali při vyřešení n-back úloh: předjímání, intuice, asociace, vizuální, auditivní, pojmenování. Strategie byly následně rozděleny na ty, které odpovídaly procesu kódování podnětového materiálu, a ty, které odpovídaly procesu vybavování podnětového materiálu.

Nejpočetnější strategií ve skupině vybavování se ukázala být strategie předjímání. Principem strategie je schopnost pamatovat si přesné pořadí podnětů a předpovídat následující podnět v řadě. Tato strategie byla použita jak u úkolů s vizuálním, tak u úkolů s auditivním podnětovým materiálem, ale nejvíc byla popsána u 1. stupně abstrakce („hlásky“,

„písmena“). Překvapivě se také objevila v poměrně četném zastoupení u nejabstraktnějšího auditivního úkolu („pěvci“).

Strategie intuice neumožňovala přesný odhad pořadí podnětů. Respondenti ji nejvíce popisovali ve spojení s nejabstraktnějším vizuálním úkolem („čáry“).

Ve skupině kódování se setkáváme jak se strategiemi, které se vztahovaly k materiálu v závislosti na modalitě (auditivní a vizuální strategie), tak se strategiemi, které jsou univerzální, co se týče modality a abstrakce (pojmenování, asociace).

Principem vizuální a auditivní strategie je zapamatování podnětu na základě vizuální nebo sluchové charakteristiky. Tyto strategie se vyskytovaly na všech úrovních abstrakce. U vizuálních úkolů 1. a 2. úrovně abstrakce („písmena“, „psi“) se navíc objevila kombinace se strategií pojmenování. U auditivních úkolů se tato kombinace objevila nejvíce u 2. úrovně abstrakce („zvířata“).

Asociace byla nalezena pouze u úkolu „čáry“, kde se jedná o pojmenování obrazce čáry podle jiného objektu. Tato strategie se dobře kombinovala s vizuální strategií.

6 Diskuze

Cílem této bakalářské práce bylo porozumění procesům, které se odehrávají při řešení n-back úloh jako úloh široce užívaných při tréninku pracovní paměti. Pro účely výzkumu byl použit program NBack Campaign, který již dříve byl ověřen při tréninku pracovní paměti (Páchová, 2014, Milichovská, 2013), a také při zmapování strategií u dospělé populace (De Gray, 2017).

V rámci testování respondentům bylo předloženo šest úkolů (tři úkoly zrakové modalita a tři úkoly sluchové modalita). Každý úkol odpovídal jednomu stupni abstrakce.

6.1 Vliv modality na výkon v úlohách n-back

Zajímalo nás, jak modalita podnětového materiálu může ovlivňovat výkon respondentů a jak se to promítne do volby jejich strategií. Průměrný výkon respondentů ve všech vizuálních úlohách byl vyšší než v úlohách auditivních.

Podle literatury uvedené v teoretické části bylo možné očekávat, že výsledky ve verbálních úlohách budou stejné, nezávisle na modalitě podnětů (Rodriguez-Jimenez et al., 2009). Při práci s auditivním verbálním materiálem respondenti avšak vykazovali nižší skóre než při práci s vizuálním verbálním podnětovým materiálem. Jedním z možných vysvětlení je nekvalitní nahrávka hlásek v programu NBack Campaign (tento fakt byl několikrát uváděn respondenty v rozhovorech), proto je pravděpodobné, že respondenti měli potíže s rozpoznáváním některých zvuků. Toto mohlo způsobit zlepšení výsledků v úkolu „písmena“ oproti úkolu „hlásky“.

Zajímavým zjištěním je vyšší výkon respondentů v auditivním úkolu „pěvci“ oproti vizuálnímu úkolu „čáry“ (jde o výsledek na hranici statistické významnosti, jsme si vědomi toho, že výsledek může být způsoben omezením metodologie našich dat). Nabízíme ale jedno z možných vysvětlení skrze rozdíly v použitých strategiích. Zatímco v úkolu „čáry“ jsme se setkali s dominantními strategiemi asociace a intuice, v úkolu „pěvci“ převažovaly auditivní strategie a předjímání. Strategie asociace je efektivnější pro zapamatování informací, protože propojuje prezentovaný podnět a mentální reprezentaci respondenta z dlouhodobé paměti, avšak je náročnější pro pracovní paměť, jelikož respondent tráví více času vymýšlením vhodných asociací a následně se může ztratit v podnětové řadě jednotlivého úkolu. Na rozdíl od toho se auditivní strategie může realizovat pouze na základě mechanického zapamatování zvukových charakteristik, které natolik nezatěžuje pracovní

paměť. Potvrzuje to i aplikování vybavovací strategie předjímání v úkolu „pěvci“, což svědčí o schopnostech respondentů lépe zapamatovávat materiál, než je tomu v případě úkolu „čáry“, kde se uplatňuje pouze intuice. Pokusili jsme se vysvětlit tuto odlišnou volbu strategií u materiálu stejné míry abstrakce skrze rozdíly v samotné povaze prezentovaných materiálů. Pro respondenty byly patrné rozdíly ve výšce a tonalitě zpěvu pěvců (bylo to reflektováno respondenty i v rozhovorech), což jsou velmi zřejmé charakteristiky, kterými se dá řídit při odlišování zvuků. Podobné charakteristiky ale chyběly u čar (např. odlišná barva). Vzhledem k tomu mohl být zpěv pro respondenty jednodušší a zřetelnější. Následně to mohlo vést k převažujícímu výskytu strategie předjímání při řešení úkolu „pěvci“: podle výšky zpěvu se respondenti docela snadno orientovali v řadě, kódování materiálu zvládli pomocí mechanické auditivní strategie a dokázali dopředu čekat, jaký zvuk přijde¹⁰. Naopak u úkolu „čáry“ museli aplikovat strategii asociace, čím pravděpodobně natolik zatěžovali pracovní paměť, že se nedokázali v řadě orientovat, proto při vybavování převládala strategie intuice. Uvedené předpoklady by bylo samozřejmě nutné blíže ověřit.

De Gray (2017) ve svém výzkumu dospěla ke stejnému závěru, co se týče lepšího průměrného výkonu u vizuálních úkolů oproti úkolům auditivním, ale její výsledky napříč úkoly jsou na rozdíl od našich konzistentní, tedy výsledky všech vizuálních úkolů jsou statisticky významně lepší ve srovnání s úkoly auditivními. Vysvětluje to tím, že kódování vizuálních podnětů probíhá skrze oba kanály pracovní paměti, fonologickou smyčku a vizuoprostorový náčrtník, zatímco auditivní podněty byly kódovány pouze skrze fonologickou smyčku (De Gray, 2017). Tento předpoklad se potvrzuje v našem výzkumu, ale s již uvedenými omezeními.

Průměrné skóry dospívajících jsou ve všech vizuálních a auditivních úkolech nižší než průměrné skóry dospělých ve výzkumu De Gray. Toto poukazuje na fakt, že adolescenti nedosahují dospělé úrovně v úkolech n-back (kde je $n=2$ a dál) ani při práci s vizuálním, ani s verbálním materiálem (Schlepeen, Jonkman, 2010; Eisbell et al., 2015). Naše výsledky ukazují, že by stejný předpoklad mohl platit i pro auditivní materiál.

6.2 Vliv abstrakce na výkon v úlohách n-back

Další proměnnou v našem výzkumu byla míra abstrakce podnětového materiálu. I v této oblasti naše výsledky nejsou konzistentní. U vizuálních úkolů byl vliv abstrakce

¹⁰ Předpovídání toho, jaký podnět bude následovat, je podstatou strategie předjímání

statisticky prokázán pouze mezi dvojicemi 1. a 3., 2. a 3. stupně abstrakce. Na rozdíl od De Gray (2017) jsme nepotvrdili statisticky významné rozdíly ani mezi vizuálními úlohami 1. a 2. stupně abstrakce, ani mezi žádnými auditivními úlohami. Jednou z možných příčin těchto fenoménů může být rozdílný věk respondentů: De Gray (2017) se zaměřovala na dospělou populaci, zatímco náš výzkumný vzorek tvořili adolescenti. Tato hypotéza by mohla být ověřena v budoucích výzkumech.

Výsledky ve vizuálních úkolech jsou částečně v souladu s výzkumem zmíněným v teoretické části (Christensen a Wright, 2010). Materiál s nejvyšší mírou lingvistické zátěže (dobře verbálně pojmenovatelné) je ukládán v pracovní paměti po delší dobu, proto respondenti vykazovali vyšší výsledky v úkolech „písmena“ (nejvyšší lingvistická zátěž) než v úkolech „čáry“ (nejnižší lingvistická zátěž). Nevysvětluje to ale absenci rozdílů mezi úkoly „písmena“ a „psi“.

Jak již bylo uvedeno, v auditivních úkolech se skóry statisticky významně nelišily. Vysoké skóry v úkolu „zvířata“ jsou pravděpodobně vysvětlitelné docela velkou lingvistickou zátěží tohoto materiálu (respondenti pojmenovávali jednotlivé zvuky podle zvířat, viz tab. 2), což by ale nemohlo vysvětlit případ vysokého skórování v úkolu „pěvci“. Jak již bylo uvedeno výše, výsledky kvalitativní analýzy ukazují neobvykle vysoké používání strategie předjímání v tomto úkolu. Domníváme se, že pokud respondenti byli schopni uplatnit tuto strategii u tak obtížného podnětového materiálu, pak jsou výsledky kvantitativní analýzy méně překvapivé.

6.3 Možnosti uplatnění strategií v oblasti tréninku pracovní paměti

Jak již bylo naznačeno, úkoly typu n-back jsou široce používány pro trénink pracovní paměti. Blízký transfer, který vzniká při tréninku pomocí n-back úloh, lze vysvětlit vypracováním specifických strategií pro každý typ úkolu během trénování a jejich následnou aplikací pro stejné nebo podobně strukturované úkoly (Laine, Fellman, Waris & Nyman, 2018). Dle výsledků Laine et al. (2018) instruování respondentů o správném použití efektivních strategií při řešení úloh vede ke zvýšeným výkonům v trénovaných úlohách nebo v úlohách s podobným materiálem a strukturou. Pochopení vlivu charakteru podnětového materiálu na volbu strategií a výkon v úlohách může přispět k pochopení mechanismů kognitivního tréninku. Také by bylo přínosné rozšířit věkové hranice a zaměřit se na starší populaci a děti mladšího věku. V neposlední řadě by trénink strategií přispěl k práci s populací s kognitivními deficity.

Závěr

V této bakalářské práci byly položeny následující výzkumné otázky:

1. *Ovlivňuje modalita podnětového materiálu výkon v neverbálních n-back úlohách?*
2. *Ovlivňuje modalita podnětového materiálu výkon ve verbálních n-back úlohách?*
3. *Ovlivňuje abstrakce podnětového materiálu výkon v n-back úlohách?*
4. *Jaké strategie jsou používány pro řešení n-back úloh? Liší se strategie v závislosti na modalitě a míře abstrakce podnětového materiálu?*

Prokázali jsme, že modalita podnětového materiálu má vliv na výkon respondentů, a to jak u verbálního, tak u neverbálního podnětového materiálu. Pomocí následné statistické analýzy dat bylo zjištěno, že výkon je vyšší u vizuálních úkolů 1. a 2. stupně abstrakce, avšak u 3. stupně abstrakce je výkon u vizuální modalitě oproti modalitě auditivní nižší.

Také jsme prokázali, že abstrakce podnětového materiálu má vliv na výkon respondentů, avšak pouze u vizuálních úkolů¹¹. U úkolů auditivní modalitě statistická analýza nepotvrdila vliv abstrakce na výkon.

Kvalitativní analýza posloužila ke zmapování paměťových strategií při řešení úloh typu n-back. Pomocí rozhovorů bylo identifikováno 6 strategií. Kódovacími strategiemi jsou: vizuální, auditivní, asociace, pojmenování. Vybavovacími strategiemi jsou: předjímání, intuice.

Z našich dat vyplývá, že vizuální strategie je aplikována výhradně na vizuální podnětový materiál, přičemž nejvyšší výskyt je u úkolu 2. stupně abstrakce. Auditivní strategie je aplikována výhradně na auditivní podnětový materiál, největší zastoupení je u úkolu 1. stupně abstrakce. Strategie pojmenování byla poměrně často použita u vizuálních úkolů 1. a 2. stupně abstrakce a auditivního úkolu 2. stupně abstrakce. Strategie asociace se objevila výhradně u vizuálního úkolu 3. stupně abstrakce.

Vybavovací strategie nebyly zmíněny u vizuálního úkolu 2. stupně abstrakce. Strategie předjímání je nejvíce zastoupena u verbálních úkolů obou modalit (1. stupeň abstrakce). Strategie intuice je nejvíce zastoupena u vizuálního úkolu 3. stupně abstrakce.

¹¹ Mezi úkoly 1. a 2. stupně abstrakce nebyly potvrzeny statisticky významné rozdíly.

Výsledky následně prokazují, že adolescenti nedosahují dospělé úrovně v n-back úkolech. Avšak specifika práce s podnětovým materiálem různých modalit a míry abstrakce u adolescentů je nutné dále prozkoumat.

Seznam použitých informačních zdrojů

1. Au, J., Sheehan, E., Tsai, N., Duncan, G. J., Buschkuhl, M. & Jaeggi, S. M. (2015). Improving fluid intelligence with training on working memory: A meta-analysis. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 366–377.
2. Andre, J., Picchioni, M, Zhang, R. & Touloupoulou, T. (2015). Working memory circuit as a function of increasing age in healthy adolescence: A systematic review and meta-analyses. *NeuroImage: Clinical*, 12, 940-948.
3. Baddeley A. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences*, 4(11), 417-423.
4. Baddeley, A. (2003). Working memory: Looking Back and Looking Forward. *Nature Reviews: Neurosciences*, 4, 829-839.
5. Brydges, C., Giginac, G. & Ecker, U. (2018). Working memory capacity, short-term memory capacity, and the continued influence effect: A latent-variable analysis. *Intelligence*, 69, 117 - 122.
6. Chein, J. M. & Morrison, A. B. (2010). Expanding the mind's workspace: training and transfer effects within a complex working memory span task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(2), 193–199.
7. Christensen, S. & Wright, H. (2010) Verbal and non-verbal working memory in aphasia: What three n-back tasks reveal. *Aphasiology*. 24(6-8), 752-762.
8. Cowan, N. (2008). What are the differences between long-term, short-term, and working memory? *Progress in Brain Research*, 169, 323–338.
9. Crottaz-Herbette, S., Anagnoson, R. & Menon, V. Modality effects in verbal working memory: differential prefrontal and parietal responses to auditory and visual stimuli. *Neuroimage*, 21(1), 340-351.
10. De Gray, K. (2017). *Možnosti tréninku pracovní paměti*. Diplomová práce. Univerzita Karlova.
11. De Haan, E., Appels, A. & Postma, A. (2000). Inter- and intramodal encoding of auditory and visual presentation of material: Effects on memory performance. *Psychological Record*, 50(3), 577 – 586.
12. Eisbell, E., Efukuda, K., Neville, H. & Vogel, E. (2015). Visual working memory continues to develop through adolescence. *Frontiers in Psychology*, 6.

13. Engle, R., Tuholski, S., Laughlin, J. & Conway A. (1999). Working Memory, Short-Term Memory, and General Fluid Intelligence: A Latent-Variable Approach. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128(3), 309-310.
14. Engle R. (2002). Working memory capacity as executive attention. *Current Directions in Psychological Science*, 11(1), 19–23.
15. Etherton, J., Oberle, C., Rhoton, J. & Ney A. (2018). Effects of Cogmed working memory training on cognitive performance. *Psychological Research*, 1 – 13.
16. Eysenck, M. (2008). *Kognitivní psychologie*. Praha: Academia.
17. Golubock, J. & Janata, P. (2013). Keeping Timbre in Mind: Working Memory for Complex Sounds That Can't be Verbalized. *Journal of experimental psychology-human perception and performance*, 39(2), 399-412.
18. Gruszka, A. & Nęcka, E. (2017). Limitations of working memory capacity: The cognitive and social consequences. *European Management Journal*, 35(6), 776 - 784.
19. Hautzel, H., Mottaghy, F., Specht, K., Müller H. & Krause, B. (2009). Evidence of a modality-dependent role of the cerebellum in working memory? An fMRI study comparing verbal and abstract n-back tasks. *NeuroImage*, 47(4), 2073-2082.
20. Kofler, M., Spiegel, J., Austin, K., Irwin, L., Soto, E. & Sarver, D. (2017). Are Episodic Buffer Processes Intact in ADHD? Experimental Evidence and Linkage with Hyperactive Behavior, *Journal of Abnormal Child Psychology*, 1-15.
21. Koukolík, F. (2012). *Lidský mozek: funkční systémy. Norma a poruchy*. Praha: Galen.
22. Laine, M., Fellman, D., Waris, O. & Nyman, T. (2018). The early effects of external and internal strategies on working memory updating training. *Scientific Reports*, 8.
23. Li, S., Florian, S., Oliver, H., Rocke, C., Jacqui, S. & Linderberer, U. (2008). Working memory plasticity in old age: Practice gain, transfer, and maintenance. *Psychology and Aging*, 4, 731–742.
24. Lindelov, J., Dall, J., Kristensen, C., Aagesen, M., Olsen, S., Snuggerud, T. & Sikorska, A. (2016). Training and transfer effects of n-back training for brain-injured and healthy subjects. *Neuropsychological Rehabilitation*, 26, 895–909.
25. Malagoli, C. & Usai, M. (2018). WM in Adolescence: What Is the Relationship With Emotional Regulation and Behavioral Outcomes?. *Frontiers in Psychology*, 9.
26. Melby-Lervåg, M., Redick, T. & Hulme, C. (2016). Working Memory Training Does Not Improve Performance on Measures of Intelligence or Other Measures of “Far

- Transfer”: Evidence From a Meta-Analytic Review. *Perspectives on Psychological Science*, 11(4), 512 – 534.
27. Milichovská, P. (2013). *Efektivita tréninku pracovní paměti*. Bakalářská práce. Karlova Univerzita. Vedoucí práce Anna Páchová.
 28. Morisson, A. & Chein, J. (2011). Does working memory training work? The promise and challenges of enhancing cognition by training working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 18, 46 – 60.
 29. Morrison, A., Rosenbaum, G., Chein J. & Fair, D. (2016). Variation in strategy use across measures of verbal working memory. *Memory and Cognition*, 44(6), 922 – 936.
 30. Nagel, B., Herting, M., Maxwell, E., Bruno, R. & Fair, D. (2013). Hemispheric lateralization of verbal and spatial working memory during adolescence. *Brain and Cognition*, 82(1), 58-68.
 31. Ng, H., Kao, K., Chan, Y., Chew, E., Chuang, K. & Chen, A. (2016). Research report: Modality specificity in the cerebro-cerebellar neurocircuitry during working memory. *Behavioural Brain Research*, 305, 164-173.
 32. Oberauer, K. (2005). Binding and inhibition in working memory: individual and age differences in short-term recognition. *Journal of experimental Psychology: General*, 134(4), 368-387.
 33. Oberauer, K., Süß, H., Wilhelm, O. & Sander, N. (2007). Individual differences in working memory capacity and reasoning ability. In A. R. A. Conway, C. Jarrold, M. J. Kane (Eds.) & Miyake A. & J. N. Towse (Ed.), *Variation in working memory* (49-75). New York, NY, US: Oxford University Press.
 34. Olson, I. & Jiang, Y. (2004). Visual short-term memory is not improved by training. *Memory & cognition*, 32(8), 1326–1332.
 35. Owen, A., Mcmillan, K., Laird A. & Bullmore, E. (2005). N-Back Working Memory Paradigm: A Meta-Analysis of Normative Functional Neuroimaging Studies. *Human Brain Mapping*, 25(1), 46-59.
 36. Páchová, A. (2014). *Možnosti tréninku pracovní paměti a jeho vliv na kognitivní funkce*. Disertační práce. Karlova Univerzita.
 37. Postle, B. (2006). What is working memory and how can we study it? Working memory as an emergent property of the mind and brain. *Neuroscience*, 139(1), 23-38.

38. Rodriguez-Jimenez, R., Avila, C. Garcia-Navarro, C., Bagney, A., Aragon, A., Ventura-Campos, N. ... Palomo, T. (2009). Short communication: Differential dorsolateral prefrontal cortex activation during a verbal n-back task according to sensory modality. *Behavioural Brain Research*, 205(1), 299-300.
39. Schleepen, T. M., Jonkman, L. M. (2010). The development of non-spatial working memory capacity during childhood and adolescence and the role of interference control: An N-back task study. *Developmental Neuropsychology*. 35(1), 37 – 56.
40. Schwarb, H., Nail, J., & Schumacher, E. (2016). Working memory training improves visual short-term memory capacity. *Psychological Research*, 80(1), 128–48.
41. Seidler, R. D., Bernard, J. A., Buschkuhl, M., Jaeggi, S., Jonides, J., & Humfleet, J. (2010). Cognitive training as an intervention to improve driving ability in the older adult (Tech. Rep. No. M-CASTL 2010-01). Ann Arbor: University of Michigan.
42. Shipstead, Z., Lindsey D., Marshall, R., & Engle, R. W. (2014). The mechanisms of working memory capacity: Primary memory, secondary memory, and attention control. *Journal of Memory and Language*, 72, 116-141.
43. Soveri, A., Antfolk, J., Karlsson, L., Salo, B., & Laine, M. (2017). Working memory training revisited: a multi-level meta-analysis of n-back training studies. *Psychonomic Bulletin Review*, 24, 1077–1096.
44. Unsworth, N. & Engle R. (2007). The nature of individual differences in working memory capacity: active maintenance in primary memory and controlled search from secondary memory. *Psychological Review*, 114(1), 104-32.
45. Unsworth N., Brewer G. A., & Spillers G. J. (2009). There's more to the working memory-fluid intelligence relationship than just secondary memory. *Psychonomic Bulletin & Review*, 16(5), 931–937.
46. Unsworth N. & Spillers G. J. (2010). Working memory capacity: attention, memory, or both? A direct test of the dual-component model. *Journal of Memory and Language*, 62(4), 392–406.
47. Wingfield, A. (2016). *Evolution of Models of Working Memory and Cognitive Resources*. *Ear and hearing*, 37, 35-43.
48. Wilhelm, O., Hildebrandt, A. & Oberauer, K. (2013). What is working memory capacity, and how can we measure it? *Frontiers in Psychology*, 4, 433.

49. Wongupparaj, P., Kumari, V. & Morris, R. (2015). The relation between a multicomponent working memory and intelligence: The roles of central executive and short-term storage functions. *Intelligence*, 53, 166-180.

Seznam příloh

Příloha 1 – Ukázka dat z programu NBack Campaign

Jméno	Čáry	Psi	Písmena	Pěvci	Hlásky	Zvířata	Celkový S
lanmax	331	626	658	363	415	403	2796
barann	371	493	567	427	380	482	2720
benada	310	497	518	282	298	438	2343
strmich	332	395	504	346	426	333	2336
kermis	314	379	511	356	444	328	2332
agrmia	287	466	399	383	312	414	2261
bindom	302	382	479	318	350	322	2153
benchi	256	394	396	377	360	366	2149
demnel	260	392	399	381	344	363	2139
kurali	252	328	440	312	459	328	2119
klokon	356	276	316	352	384	430	2114
jiřlan	282	422	383	362	330	320	2099
denliz	336	339	405	334	384	250	2048
stovik	330	332	346	300	363	328	1999
uzuale	318	351	318	332	360	290	1969
Fesada	248	407	402	272	369	248	1946
jakdon	238	351	340	312	300	378	1919
maymil	349	310	302	316	258	356	1891
kracla	304	504	192	192	202	358	1752
karvan	258	304	320	256	264	270	1672
skrann	204	256	413	206	306	272	1657
adohit	236	260	272	262	248	259	1537
navkla	270	206	202	208	232	214	1332

Příloha 2 – Ukázka z rozhovorů

1. Úkol „čáry“

STRMICH: no, tady to bylo stejně těžký jako ty psi.. Ale jakoby dělala jsem to tak, že jsem si snažila pod tou nějakou čmáranicí představit něco, a tak jsem si to říkala.

K: takže to bylo spíš vizuálně a snažila ses představit nějakou historku třeba u toho?

STRMICH: jo, třeba tam bylo tři vlnky, a snažila jsem si představit, že je to nějaká ruka, tak jsem si říkala Ruka.

K: Takže jsi to snažila uložit spíš podle významu nebo vizuálně? Teda podle toho, co sis pod tím představila.

STRMICH: Jo, na základě historky.

K: A zdálo se ti to teda stejně těžký jako psi?

STRMICH: No stejně těžký protože se mi to stejně furt pletlo.

K: snažila ses udělat nějakou řádu, teda pořadí nebo spíš intuitivně?

STRMICH: Ne, teda jakoby jo, snažila jsem si to zapamatovat, ale když jsem to zapomněla, tak jsem si řekla: Tak to tam asi už bylo.

2. Úkol „písmena“

K: Jakým způsobem sis to snažila zapamatovat?

Kl: Říkala jsem si to v hlavě, ty písmenka a taky jsem měla, když to bylo o jedno, tak jsem si říkala, teď kdyby tam bylo to, co tam bylo předtím, tak na to mám kliknout. Když tam bylo F a pak něco, tak jsem si říkala, když bude F tak na to mám kliknout.

K: Snažila ses to představovat zrakově, jakoby jsi to viděla před sebou, nebo sis to říkala v hlavě?

Kl: Říkala jsem si to.

3. Úkol „hlásky“

STRMICH: Tady to bylo lehký

K: Proč?

STRMICH: Protože vždycky když řekla třeba A a potom I, tak jsem si řekla: Teď bude A, a když nebude, tak další musí být I. Jsem si to říkala v duchu.

K: A pomáhala nějak intonace toho, jak to říkala nebo vůbec ne?

STRMICH: To ani ne. Já jsem si to jenom říkala v duchu taky, a říkala jsem si, co bude další, a když to nebude, tak bude to, co bylo předtím.

K: A když to porovnáš s písmeny na obrázcích a tím sluchovým, tak jestli to bylo lehčí, nebo podobný, nebo těžší.

STRMICH: Podobný, předtím jsem to viděla, teď jsem to slyšela.

K: A zas sis to představovala jen sluchově nebo i vizuálně?

STRMICH: Sluchově, jen sluchově

4. Úkol „zvířata“

L: Tak třeba koně jsem si vybavil jako zvíře.

K: A jak jsi to vybavil, řekl jsi „kůň“?

L: No u koně jsem si řekl, že je to kůň, ale u ostatních zvířat. Kohout možná trochu, ale asi ne. Kromě toho koně podle toho zvuku jenom, ne že bych si říkal, že je za tím zvíře.

K: Takže to bylo podobné jako písmena?

L: No v podstatě jo, zapamatoval jsem jen zvuky, kromě teda toho koně.

5. Úkol „psi“

B: To bylo spíš, že jsem si říkala, co vidím, například jorkšír, dalmatin, a pak když jsem nevěděla, tak něco.

K: Co například něco?

B: No „něco“ jsem si řekla, že jsem nevěděla, co tam je.

K: dokázala jsi pojmenovat skoro všechny druhy psů?

B: no na začátku tam byl jorkšír, dalmatin, pak pudl, pak ten bernardin, ale nejsem si jistá, a pak něco zrzavýho.

K: A to jsi řekla „něco zrzavýho“?

B: No jo.. něco zrzavýho.. něco, pod nějakým klíčem jsem si ho pojmenovala.

6. Úkol „pěvci“

K: Čím se to lišilo třeba od předchozího?

KL: Bylo to těžší, ale docela to taky šlo. Zase jsem to nějak dělala podle zvuků.

K: Vadilo ti třeba to, že už to nebyli konkrétní zvířata, ale nějaké ptáci?

KL: Ani ne, u těch zvířat jsem si nepředstavovala nějaká zvířata, tak mi to bylo jedno.

K: Ovlivňovalo to nějak tvoje zapamatování, dokázala jsi zase vědět dopředu, co přijde?

KL: Taky když to byl třeba hodně vysoký zvuk, tak jsem se toho chytla a předpokládala jsem, kdy zas přijde, ale když byly hodně podobné, tak to moc nešlo.